

Das Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben (*Columba livia*)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
in der Fakultät für Psychologie
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von

MARIA F. FRIESEL

Bochum 1987

Das Gleich- Ungleichgewicht
bei Tauben (Columba livia)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Das Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben (*Columba livia*)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
in der Fakultät für Psychologie
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von

MARIA F. FRIESEL

Bochum 1988

Gedruckt mit Genehmigung der
Fakultät für Psychologie
der Ruhr-Universität Bochum

Referent: Prof. Dr. J. D. Delius

Koreferent: Prof. Dr. K. Schneider

Mündliche Prüfungen:

21.02.1989 Bochum

23.02.1989 Bochum

01.03.1989 Bochum

Bei allen, die zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

Mein Dank gilt

Prof. Dr. J. D. Delius für die Anregung, diese Fragestellung zu untersuchen, die Betreuung der Arbeit und sein motivierendes Interesse;

allen ehemaligen und jetzigen Mitarbeitern der AE Biopsychologie: Achim, Annette, Carlos, Clive, Dagmar, Ewa, Frank, Franky, Heike, Jacky, Lorenzo, Martina, Monika, Onur, Pogo, Sabine, Stephen, Uli, Ulric, Ulrike und Uwe;

dem Photomeister des Psychologischen Instituts;

den Mitarbeitern der Werkstatt des Psychologischen Instituts.

Besonders großer Dank gilt meinem Mann Jürgen für Ermunterung und Unterstützung in allen Phasen der Arbeit und für den Rückhalt, den er mir gegeben hat.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1.	Der kognitive Ansatz in der Psychologie	1
1.2.	Die Untersuchung komplexer Leistungen in der vergleichenden Psychologie	5
1.2.1.	Wahrnehmung	9
1.2.2.	Gedächtnis	10
1.2.3.	Denken	11
1.2.3.1.	Transitive Inferenz	11
1.2.3.2.	Einsicht	12
1.2.4.	Konzepte	13
1.2.4.1.	Perzeptuelle Konzepte	13
1.2.4.2.	Das Gleich- Ungleichkonzept	15
1.2.4.3.	Methoden zur Untersuchung des Gleich- Ungleichkonzepts bei Tauben	19
1.2.4.4.	Bisherige Studien zum Gleich- Ungleichkonzept	21
2.	Gleich- Ungleichunterscheidungen bei der Taube. Der Einfluß des Herausstellens der Gleich- Ungleichbeziehung	44
2.1.	Einleitung	44
2.2.	Methode	49
2.3.	Ergebnisse	58
2.4.	Diskussion	61
2.5.	Methode II	64
2.6.	Ergebnisse	70
2.7.	Diskussion	79
3.	Der Einfluß ökologisch gerechterer Bedingungen auf Gleich- Ungleichdiskriminationen	85
3.1.	Einleitung	85
3.2.	Methode	88
3.3.	Ergebnisse	95
3.4.	Diskussion	98

4.	Die Wirkung von gleichzeitig präsentierten identischen und verschiedenen Paarungen auf Gleich- Ungleichunterscheidungen.	102
4.1.	Einleitung	102
4.2.	Methode	103
4.3.	Ergebnisse	106
4.4.	Diskussion	107
5.	Die Unterscheidung von gleichen und ungleichen dreidimensionalen farbigen Reizen.	111
5.1.	Einleitung	111
5.2.	Methode	116
5.3.	Ergebnisse	124
5.4.	Diskussion	129
6.	Abschlußdiskussion	135
	Zusammenfassung	148
	Literatur	152
	Lebenslauf	173

1. Einleitung

1.1. Der kognitive Ansatz in der Psychologie

Noch im letzten Jahrhundert wurde, nicht zuletzt bedingt durch theologische Argumente, eine scharfe Grenze zwischen Menschen und Tieren gezogen. Jahrhundertealten Auffassungen zufolge wurden Prozesse des Erkennens wie Denken, Beurteilen und Erinnern nur dem Menschen zugesprochen. Tiere wurden als reflexhaft agierende Wesen angesehen, ihr Verhalten als mechanisch ausgelöst. Zu kognitiven Leistungen sah man sie nicht in der Lage.

Diese angenommene strenge Dichotomie zwischen Tier und Mensch wurde durch die Evolutionstheorie von Darwin (Abb. 1) in Frage gestellt. Im Jahre 1871 veröffentlichte er sein Buch "The descent of man". Hierin wurde der Prozeß der Evolution ins Blickfeld gerückt. Die Kontinuität zwischen Mensch und Tier nicht nur bei Körperbau und Körperfunktionen sondern auch bei kognitiven Leistungen rückten in den Vordergrund des Interesses.

Diese grundlegende Aussage der Evolutionstheorie inspirierte wenige Jahre später Romanes sich mit kognitiven Leistungen von Tieren zu beschäftigen. Sein Datenmaterial über die Intelligenz von Tieren gründete sich auf Anekdoten. Aufgrund subjektiver Eindrücke von Beobachtern sprach er Tieren kognitive Leistungen zu. Seine Forschungsmethoden genügen heutigen experimentellen Anforderungen nicht. Aber es ist das Verdienst von Romanes, kognitive Leistungen bei Tieren zum Forschungsgegenstand gemacht zu haben. Er ist der Begründer der vergleichenden Psychologie. Mit seinen Arbeiten begann die vergleichende Untersuchung von kognitiven Prozessen bei Mensch und Tier (Wasserman, 1984).

Im Gegensatz zu Romanes untersuchte Thorndike kognitive Leistungen von Tieren mit experimentellen Methoden in standardisierten Versuchssituationen (Thorndike, 1911). Bekannt sind seine Experimente zum Problemlösen. Hungrige Katzen wurden in eine Holzkiste eingesperrt. Außerhalb der Kiste war ein Stück Fisch angebracht. Während die Tiere ver-



Abb. 1:

Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

suchten aus ihrem Gefängnis zu entkommen, betätigten sie vielleicht durch Zufall den richtigen Mechanismus. In den folgenden Durchgängen wurde diese Reaktion, die das Entkommen ermöglichte, immer schneller gezeigt. Die benötigte Zeit dafür wurde geringer. Entgegen dem herrschenden Zeitgeist machte Thorndike für das Verhalten

der Tiere keine kognitiven Prozesse verantwortlich, sondern vertrat eine mechanistische Reiz- Reaktionstheorie. Zwischen der Reizsituation des Eingesperrtseins und der Entkommensreaktion bildet sich seiner Theorie zufolge eine kognitive Assoziation heraus. Nur innerhalb dieses Rahmens vertrat Thorndike kognitive Variablen. Ansonsten sah er das Verhalten der Tiere nicht durch kognitive Prozesse vermittelt.

Dieser assoziative, mechanistische Ansatz, den Thorndike zur Erklärung des Verhaltens der Tiere vertrat, blieb über Jahrzehnte wegweisend. Unter dem Begriff "Behaviorismus" etablierte er sich als Hauptforschungsrichtung der Psychologie. Neben anderen wurde er auch von Guthrie propagiert. Auch er stellte in seiner Lerntheorie die mechanischen, automatischen Aspekte des Verhaltens heraus. Alle Lernprozesse fußen demnach auf dem Prinzip der Assoziation durch Kontiguität. Reize, die während eines ablaufenden Verhaltens vorhanden sind, lösen dieses auch in Zukunft wieder aus (Guthrie, 1935). Auch kognitive Prozesse erklärte Guthrie mit solchen assoziativen Prozessen basierend auf der Reiz- Reaktionstheorie.

Auch Hull versuchte im Rahmen seiner Theorie, kognitiven Phänomen gerecht zu werden. Dazu erweiterte er die Reiz- Reaktionstheorienbildung, indem er intervenierende Variablen zwischen Reizen und Reaktionen postulierte. Sein Ansatz war ebenfalls mechanistisch, Verhalten sah er als Reaktion auf Reize ausgelöst (Bower & Hilgard, 1983).

Im Gegensatz zu den vorherrschenden mechanistischen Theorien seiner Zeit betonte Tolman in seiner Lerntheorie kognitive Aspekte des Verhaltens (Tolman, 1932). Anders als in den Theorien von Thorndike, Hull und Guthrie bestand für ihn Verhalten nicht nur im Knüpfen von Reiz- Reaktionsverbindungen. Er sah das Verhalten der Tiere nicht nur mechanisch und automatisch ablaufend sondern als zielgerichtet, plastisch und variierbar und den vorgefundenen Umweltbedingungen optimal angepaßt (Bower & Hilgard, 1984). Diese dem Verhalten zugrundeliegenden kognitiven Leistungen werden im Verhalten sichtbar, so daß

vom beobachtbaren Verhalten auf diese kognitiven Zwischenprozesse rückgeschlossen werden kann. Insofern verstand sich Tolman trotz seiner kognitiven Orientierung als Behaviorist.

Kognitive Konstrukte zur Erklärung von Verhalten wie Tolman sie postulierte werden von Skinner strikt abgelehnt. Er sieht Verhalten allein durch Umgebungsvariablen ausgelöst. Verhalten kann ausreichend erklärt werden, wenn die es bedingenden Stimulusvariablen bekannt sind. Die Annahme von intervenierenden kognitiven Prozessen ist nicht erforderlich. Sie sind irrelevant, da sie keinen Erkenntnisgewinn hinsichtlich des Auslösens von Verhalten bieten. Auch komplexes Verhalten sieht Skinner nicht durch kognitive intervenierende Prozesse sondern allein durch Stimuluskontingenzen, die in diesem Fall sehr komplex sind, vermittelt. Skinner vertritt mit seinem Ansatz, der kognitive Mechanismen in keiner Weise zuläßt, den radikalsten Ansatz unter den Behavioristen (Skinner, 1963; 1977).

Bereits in den Dreißiger Jahren zeigte sich, daß das mechanistische Reiz- Reaktionsmodell inadäquat war für die Erklärung von komplexen Verhaltensweisen. Es wurde deutlich, daß das Lernen von Reiz- Reaktionsverbindungen nur eine Form des Verhaltens von anderen zugleich möglichen war. Als Reaktion auf diese Insuffizienz der behavioristischen Theorienbildung postulierten ihre Lerntheoretiker zusätzliche Annahmen und änderten ihre theoretischen Konzepte (siehe Terrace, 1984 zur Übersicht). Die Kritik an den mechanistischen Reiz- Reaktionstheorien, die bereits mit Tolman begonnen hatte, verstärkte sich in Fünfziger Jahren. Die Ursprünge des kognitiven Ansatzes begannen sich abzuzeichnen. Das was als vereinzelte Demonstration von kognitiven Verhaltensweisen angefangen hatte, begann sich als eigenständiger Ansatz zu formieren. In den Siebziger Jahren kam die kognitive Wende. Die Erforschung der Prozesse des Erkennens wurde nun die wichtigste Forschungsrichtung in der Psychologie, der Behaviorismus als vorherrschende Theorie wurde abgelöst (Knapp, 1986). Der kognitive Ansatz

hielt kurze Zeit später auch in der biopsychologischen Forschung Einzug. Die kognitive Biopsychologie etablierte sich und somit wurde der Weg geebnet, den Romanes und Tolman bereits Jahrzehnte früher vorgezeichnet hatten, der Weg zur Erforschung kognitiver Fähigkeiten auch bei Tieren (Hulse, Fowler und Honig, 1978; Pearce, 1987; Roitblat, Bever und Terrace, 1984).

1.2. Die Untersuchung komplexer Leistungen in der vergleichenden Psychologie

In den Anfängen der vergleichenden Psychologie wurden die Leistungen von vielen verschiedenen Tieren verglichen. Thorndike z.B. untersuchte so unterschiedliche Tiere wie Affen, Hunde, Katzen, Hühner und Fische (Bitterman, 1975). Dieses breitgefächerte Interesse für die verschiedenen Tierarten hat sich im Laufe der Jahrzehnte deutlich eingegrenzt. Heute wird Lernen hauptsächlich bei Tauben, Ratten und Primaten untersucht. Tauben sind wegen ihrer guten Sehfähigkeit im Vergleich zu Ratten beliebte Versuchstiere. Um etwas über die Evolution von Kognition zu erfahren, ist es sinnvoll komplexe Leistungen bei Tauben zu untersuchen. Tauben gehören nicht zu den höchstentwickelten Vögeln sondern sind in der Evolution dieser Klasse auf einer mittleren Position angesiedelt (Macphail, 1982). Anders als Affen stehen sie phylogenetisch weit vom Menschen entfernt (Abb. 2). Wie die Abbildung zeigt, haben sich Vögel und Säuger aus zwei unterschiedlichen Reptilienstämmen entwickelt. Als Folge davon hat sich in der Phylogenese das Gehirn der Taube in eine wesentlich andere Richtung entwickelt als das des Menschen. Die Gehirne aller Vertebraten angefangen vom Neunauge bis zum Menschen weisen gemeinsame Grundzüge auf. Sie lassen sich unterscheiden in Hinter-, Mittel- und Vorderhirn. Das Hinterhirn ist bei allen Vertebraten relativ einheitlich aufgebaut. Die Strukturen des Mittelhirns haben sich im Verlauf der evolutionären Entwicklung in größerem Ausmaß unterschiedlich ausdifferenziert. Die größten Unterschiede im Wirbeltierhirn

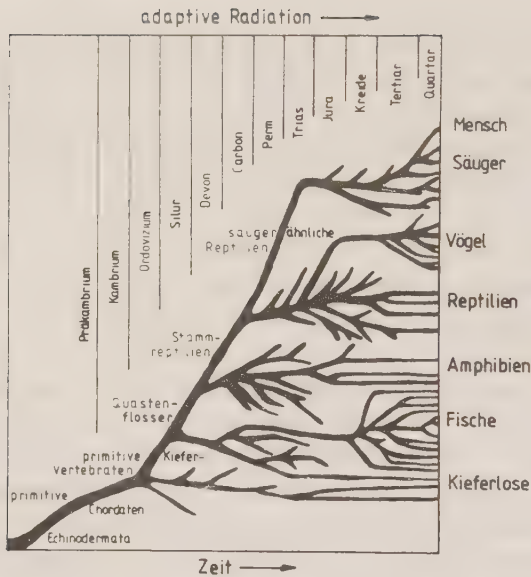


Abb. 2:

Schematische Darstellung der Evolution der Wirbeltiere (verändert nach Encyclopaedia Britannica, 1980)

lassen sich im Vorderhirn ausmachen, der am höchsten entwickelten Struktur des Gehirns. Obwohl in der Phylogenese auch bei den anderen Hirnstrukturen der Trend zur Größenexpansion und Differenzierung unverkennbar ist, so ist er doch im Vorderhirn am deutlichsten abzulesen. Diese Zusammenhänge werden in vergleichender Weise abgehandelt in Macphail (1982), Pearson & Pearson (1976), Walker, (1983), Yeo (1979). In ihrer Struktur sind die Vogelhirne den Reptiliengehirnen nicht unähnlich. Jedoch hat sich bei Vögeln wie Abbildung 3 deutlich zeigt, das Vorderhirn massiv ausgedehnt. Im Vergleich zum Fisch bedeckt es z. T. bereits andere Hirnstrukturen. Noch ausgeprägter ist dieser phylogenetische Trend beim Affen und natürlich beim Menschen, wo sich die Hemisphären weit bis über Areale des Kleinhirns erstrecken. Die Abbildung verdeutlicht die

Ausdehnung und Ausdifferenzierung der neuronalen Strukturen insbesondere des Telencephalons, die Größenexpansion der Gehirne sowie die Faltung des Gehirns als evolutionären Trend.

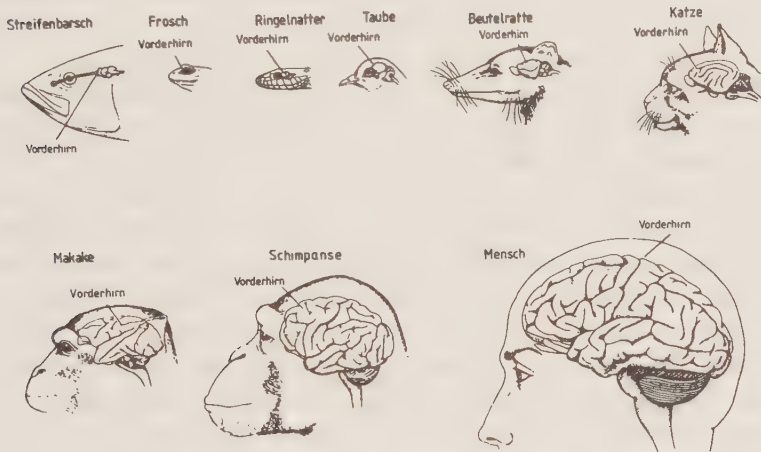


Abb. 3:

Die Evolution des Vorderhirns am Beispiel verschiedener Wirbeltiere. Alle Gehirne sind auf einer einheitlichen Skala dargestellt. Die Abbildung zeigt die Größenexpansion und den komplexer werdenden Aufbau der Gehirne vom Fisch bis zum Menschen (nach Hubel, 1979).

Im Vergleich mit dem Säuger weist das Gehirn der Taube einige bedeutsame Unterschiede auf (Karten & Hodos, 1967). Die auffälligste Neuentwicklung in der Evolution der Säuger ist die Entstehung und Expansion des Neocortex, die häufig mit der Entstehung von kognitiven Leistungen gleichgesetzt wird. Wenig ausdifferenzierte Cortexareale finden sich bereits bei Reptilien wie z.B. beim Krokodil, wo sie aus einer Zellschicht bestehen. Auch die Taube besitzt nur primitiv aufgebaute Cortexstrukturen mit einer Zellschicht von geringer Dicke. Im Gegensatz dazu ist der Cortex der Säuger komplexer aufgebaut. Selbst bei primitiven Säugern

besteht er aus mehreren Schichten. Der Neocortex weist das Maximum von 6 Zellschichten auf. Beim Menschen bedeckt er fast die gesamte Oberfläche des Telencephalons. Bei der Taube erstreckt sich der Cortex nur über eingegrenzte dorsolaterale Gebiete des Vorderhirns. Besonders ausgedehnt haben sich Strukturen, die als Striatum bezeichnet werden. Sie bilden den größten Anteil des Vorderhirns und werden als wichtige integrative Zentren angesehen. Beim Säuger sind die Striatumstrukturen von außen nicht sichtbar, da sie von Neocortex überdeckt sind.

In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß gleiche oder verschiedene Termini für neuronale Strukturen bei der Taube und beim Menschen nicht zwangsläufig eine Äquivalenz oder Nichtäquivalenz der Gebiete sowie ihrer Vermittlung von Funktionen und Leistungen beinhalten (Karten, 1969). Als Beispiel sei das Striatum von Vögeln und Säugern angeführt. Trotz der gleichen Bezeichnung besteht eine Homologie des Säugerstriatums nur zum Paleostriatum der Vögel. In der vergleichenden Neuroanatomie wurden Termini für Hirnstrukturen z.T. beschreibend verwendet (das Striatum des Menschen z.B. wurde aufgrund seines gestreiften Aussehens so benannt), ohne daß die Biochemie, die Vernetzung mit anderen Strukturen, die Funktion, die Äquivalenz zu den Hirnarealen anderer Vertebraten bekannt war. Auch sind nicht alle Hirnsubstrate bei allen Vertebraten untersucht.

So ist es durchaus möglich, daß auch das kleine Taubenhirn über neuronale Strukturen zur Vermittlung kognitiver Leistungen verfügt. Solche Prozesse des Erkennens können bei Tauben nicht deshalb grundsätzlich ausgeschlossen werden, weil ihr Gehirn anders aufgebaut erscheint als das von Primaten und keine neocorticalen Areale aufweist. Die Ergebnisse aus kognitiven Experimenten machen sogar sehr wahrscheinlich, daß das Verhalten von Tauben durch kognitive Elemente gesteuert wird. Sie sprechen für die Hypothese, daß bereits das kleine Taubenhirn Informationen auf kognitive Weise verarbeitet. Kognitive Fähigkeiten müssen bei der Taube erwartet werden. Nicht jedes Verhalten kann auf angeborene, unabänderlich ablaufende Verhaltensmuster oder

auf mechanische Reaktionen auf Reize zurückgeführt werden. Vögel leben in einer komplexen Umwelt, die Prozesse des Erkennens für das Überleben und die Reproduktion erfordert. Die Prozesse sollten Wahrnehmungs-, Gedächtnis- und Denkleistungen umfassen. Tauben sollten z.B. einen Gegenstand unabhängig von seiner räumlichen Orientierung als einen und denselben wahrnehmen können. Sie sollten zur Abspeicherung von Informationen in der Lage sein, um beispielsweise Futter- oder Nistplätze wiederzufinden. Sie sollten Umweltreize gruppieren und kategorisieren können, um auf andere Tauben mit einem anderen Verhalten als auf Feinde reagieren zu können.

Stettner & Matyniak (1968) kommen in einem referierenden Überblick zu dem Schluß, daß bei kognitiven Leistungen eine generelle Überlegenheit der Säuger verglichen mit Vögeln nicht nachgewiesen ist. Im Umkehrlernen zeigen Tauben gleich gute Leistungen wie viele Säuger ebenso in "learning-set" - Versuchen. Im Vergleich der unterschiedlichen Vögel untereinander sind es nicht Tauben, die die überzeugendsten Leistungen zeigen. Ihre Lernkapazität wird von Krähenvögeln übertroffen. Das Gehirn dieser Tiere gilt als höher entwickelt als das von Tauben, das sehr klein ist und nur ca. 2 g wiegt. Im Vergleich dazu wiegt das menschliche Hirn bei Frauen ca. 1200 g und bei Männern ca. 1400 g.

Aber auch Tauben besitzen genügend neuronale Kapazität, die komplexe kognitive Leistungen vermitteln kann. Die Untersuchungen zu Wahrnehmungs-, Gedächtnis- und logischen Denkprozessen zeigen das eindrucksvoll.

1.2.1. Wahrnehmung

In einer Untersuchung von Hollard & Delius (1982) wurde gezeigt, daß die Rotationsinvarianz von Tauben ähnlich gut ist wie die des Menschen. In einer Diskriminationsaufgabe lernten die Vögel, aus zwei Vergleichsreizen das identische Duplikat oder die spiegelbildliche Form eines Musterreizes zu picken. In späteren Tests wurden die Vergleichsreize nicht länger ausschließlich in der gleichen Orientierung wie

die Musterreize geboten, sondern sie variierten von 0 - 180° Grad. Die Tauben wählten bei allen Tests deutlich oberhalb der Zufallswahrscheinlichkeit, selbst als in einem Rotationstest neue Reize präsentiert wurden. Sie konnten demnach das Prinzip der Rotationsinvarianz auch auf unbekannte Muster transferieren. In der Genauigkeit der Diskrimination bestand kein wesentlicher Unterschied zwischen Tauben und Menschen. Allerdings waren bei Menschen die für die Wahlen benötigten Reaktionszeiten in Abhängigkeit vom Drehungswinkel des Vergleichsreizes länger.

Die Untersuchung zeigt, daß Tauben mit einem 600 mal kleineren Hirn als der Mensch Rotationsprobleme in kürzerer Zeit ähnlich gut wie Menschen lösen können.

1.2.2. Gedächtnis

Die außerordentliche Kapazität des menschlichen Gedächtnisses ist schon seit längerem bekannt (Shepard, 1967; Standing, Conezio & Haber, 1970). Ebenso können Affen, nahe Verwandte des Menschen, Diskriminationen sowie nur kurzzeitig gesehene Bilder selbst nach Monaten noch erinnern (Ringo & Doty, 1985; Strong, 1959). Auch das im Vergleich zu Menschen und Affen primitiv aufgebaute Hirn der Taube kann gedächtnismäßige Abspeicherungen über ausgedehnte Zeiträume hinweg vermitteln, ohne daß ausgeprägte Zerfallsprozesse auftreten.

Vaughan & Greene (1984) trainierten Tauben, 160 Paare von Bildern der Umgebung zu diskriminieren. 160 dieser Bilder waren positiv, die restlichen negativ. Ein durchgeführter Test nach über 2 Jahren zeigte, daß die Diskrimination trotz der langen Zeitspanne nicht besonders beeinträchtigt war. Von Fersen (in Vorb.) zeigte, daß Tauben ein Vielfaches dieser Menge abspeichern können. Er trainierte Tauben auf eine wesentlich erhöhte Anzahl von Reizen. Von 725 verwendeten schwarz-weißen Reizfiguren wurden Picker auf 100 dieser Muster mit Futter verstärkt. Reagieren auf die restlichen 625 Muster wurde mit dem Verdunkeln der Versuchskammer bestraft. Jeweils zwei Bilder wurden den

Tauben pro Durchgang präsentiert. In 224 Sitzungen lernten die Tauben, diese zuverlässig zu unterscheiden. Nach einer Pause von 222 Tagen wurde die Behaltensleistung anhand eines Teils dieser Bilder geprüft. Die Tauben diskriminierten mit über 80% richtigen Wahlen.

Diese Untersuchungen deuten darauf hin, daß ein ausgedehntes und stabiles Gedächtnis nicht nur bei Affen und Menschen sondern auch bei Tauben das Verhalten steuert.

1.2.3. Denken

1.2.3.1. Transitive Inferenz

Tauben können nicht nur langanhaltende assoziative Verbindungen knüpfen. Wie die folgenden Experimente zeigen können sie Informationen auch über schlußfolgernde Prozesse verarbeiten.

Von Fersen (in Vorb.) trainierte Tauben, 4 Kombinationen von Reizen zu diskriminieren. Diese wurden aus den Reizen A - E gebildet, und sie waren in absteigender Reihe nach Wertigkeit geordnet. Reiz A war der Reiz, der immer belohnt wurde, während Reiz E nie belohnt wurde. Entsprechend dieser Rangreihe wurden Picker auf die höherwertigen Reize innerhalb der Kombinationen des Trainings verstärkt. Die Tiere lernten, die folgenden 4 Paare zu diskriminieren: A+ B-, B+ C-, C+ D-, D+ E-. Plus- und Minuszeichen zeigen an, welche Reize belohnt bzw. bestraft wurden. Nach einer längeren Akquisitionsphase wurden die Tauben in der vorher nie gezeigten B - D Kombination getestet. Sie wählten mit 87% richtigen Reaktionen den Reiz B.

Das Experiment zeigt, daß die Tauben nicht nur die einzelnen Paarungen mit den verstärkten Reaktionen verbunden hatten. Die Tiere hatten vielmehr eine interne Repräsentation über die Wertigkeit der fünf Muster gebildet. Sie konnten deshalb überzufällig auf die Reizwertigkeiten innerhalb der unbekannten Kombination schlußfolgern.

1.2.3.2. Einsicht

Die Versuche von Köhler (1921) zeigten, daß neben dem Menschen auch Affen sich einsichtig verhalten. Sie können ein neues Verhalten generieren, um eine Problemsituation zu lösen. Dabei erkennen sie die Bedeutung eines Objekts als Werkzeug für die Lösung der Aufgabe, so daß sie es anschließend verwenden können, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Auch Tauben mit einem bei weitem nicht so hoch entwickelten Gehirn wie Primaten können Einsicht zeigen. In einem Experiment von Epstein, Kirshnit, Lanza & Rubin (1984) lernten Tauben, einen Schaumstoffblock auf einen grünen Punkt hin zu bewegen. Der Punkt erschien an variierenden Positionen an den Wänden der Versuchskammer. Dieses Verhalten wurde mit Futter belohnt. Das Fortbewegen des Blocks in Abwesenheit des Punktes blieb ohne Verstärkung. Getrennt davon lernten sie, auf den feststehenden Block zu hüpfen und auf die Nachbildung einer Banane zu picken. Manchmal wurden die Tiere mit der unerreichbar aufgehängten Banane allein konfrontiert. Die Tauben sollten lernen, daß sie auf die Nachbildung nicht fliegen und springen sollten. Später wurden die Tiere einer völlig neuen Situation ausgesetzt. Die Banane war 41 cm oberhalb des Bodens befestigt. Der Schaumstoffblock befand sich davon entfernt an einer anderen Position, ein grüner Punkt war nicht vorhanden. Die Tauben schienen durch die veränderte Situation irritiert zu sein. Sie schauten zwischen der Banane und dem Kasten hin und her. Ziemlich abrupt, ohne daß sie vorher etwas ausprobiert hatten, schoben sie den Block unter die Banane. Sie kletterten auf ihn und pickten auf die Banane.

Die Autoren verglichen das zielgerichtete Verhalten der Tauben mit dem einsichtigen Verhalten von Menschen und Schimpansen. Für die Lösung des Problems war wichtig, daß die Tiere die erforderlichen motorischen Sequenzen gut beherrschten.

1.2.4. Konzepte

1.2.4.1. Perzeptuelle Konzepte

Die Untersuchungen zu perzeptuellen Konzepten deuten darauf hin, daß Tiere im Experiment nicht nur lernen können, auf assoziative sondern auch auf konzeptmäßige Weise Objekte und Reize zu unterscheiden. Sie können Reize danach diskriminieren, ob sie einer Kategorie angehören, die von Menschen mit einem Oberbegriff benannt wird. Bei Affen wurde gezeigt, daß sie Wahrnehmungskategorien für Neuigkeit (Brown, Overall & Gentry, 1958; Brown, Overall & Blodgett, 1959), Menschen (Schrier & Brady, 1987), unterschiedliche Arten von Makakenaffen (Swartz, 1983) sowie das gemeinsame Element von Reizkonfigurationen (Kelleher, 1958) bilden können. Auch Tauben können Stimuli auf diese Weise diskriminieren. Sie können Konzepte für Reizklassen formen wie den Buchstaben "A" (Morgan, Fitch, Holman & Lea, 1976), Symmetrie (Delius & Habers, 1978; Delius & Nowak, 1982), defekte Tabletten oder Dioden (Verhave, 1966; Cumming, 1966), Dreieckigkeit (Towe, 1954) und Ziele, auf die Flugkörper hinzusteuern sind (Skinner, 1960).

Das Merkmal, welches das Konzept ausmacht, ist in diesen Fällen einfach zu beschreiben. Anders verhält es sich bei den komplexen perzeptuellen Konzepten. Hier existiert kein einfaches Merkmal, welches das Konzept eindeutig kennzeichnet. Eine Vielzahl von Untersuchungen zeigt, daß Tauben Reize sehr wohl auch danach unterscheiden können, ob sie ein untersuchtes komplexes Konzept enthalten oder nicht, wie z.B. Bäume, Wasser und eine individuelle Person (Herrnstein, 1979; Herrnstein, Loveland & Cable, 1976), Tauben (Poole & Lander, 1971), Menschen (Herrnstein & Loveland, 1964; Siegel & Honig, 1970; Malott & Siddall, 1972), Eichenblätter (Cerella, 1979), Fische (Herrnstein & de Villiers, 1980) und von Menschenhand gefertigte Objekte auf Luftaufnahmen (Lubow, 1974). Typischerweise lernen die Tauben, schwarz-weiße Bilder aber auch naturalistische farbige Abbildungen zu unterscheiden. Reaktionen auf den

als positiv definierten Reiz ermöglichen das Erlangen von Verstärkung. Picken auf den negativen Reiz führt zu Bestrafung oder hat keine Verstärkung zur Folge.

Im allgemeinen lernten die Tiere die Diskrimination schnell. Sie reagierten auf die positiven, belohnten Muster während sie die negativen mieden. Dies war nicht das Ergebnis einer Verknüpfung der Trainingsreize mit den geforderten Reaktionen. Die Tauben diskriminierten vielmehr anhand der Invarianzen der untersuchten Kategorie. Sie konnten die konzeptuelle Unterscheidung bei neuen, unbekannten Testreizen einsetzen. In der Untersuchung von Cerella (1979) abstrahierten Tauben die relevante Kategorieninformation, nachdem sie mit nur einem positiven Eichenblattmuster ohne negative Trainingsbeispiele von Nicht-Eichenblättern trainiert worden waren. Die Tiere reagierten in späteren Tests signifikant häufiger auf Abbildungen von Eichenblättern als auf Beispiele anderer Blätterarten. Dies spricht dafür, daß das perzeptuelle Konzept im Experiment nicht erlernt, sondern bereits vorher vorhanden war und mit der experimentellen Methode nur abgerufen wurden.

Wenn man sich das Verhalten einer Taube in der Natur vor Augen führt, scheint eine solche Fähigkeit zur Bildung von Konzepten wichtig für das Überleben zu sein. Die Tiere müssen z.B. Feinde, Futter oder andere Tauben als Klasse unabhängig von Variationen bei einzelnen Vertretern erkennen. Cerella (1979) spricht in diesem Zusammenhang davon, daß die Bildung von Kategorien "transparent" für das visuelle System ist. Er vermutet, daß das visuelle System die vielen vorhandenen Möglichkeiten auf diese Weise gruppiert, weil es sich dem Betrachter aufdrängt. Die Kategorisierung der Reizklassen muß deshalb nicht eingeübt werden, sie geschieht spontan. Nicht nur Tiere auch Kleinkinder können Reize bereits nach Kategorien unterscheiden (Cohen & Strauss, 1979; Faulkender, Wright & Waldron, 1974). Die Fähigkeit, auch komplexe Konzepte zu bilden, tritt demnach nicht nur früh in der Ontogenese auf. Sie tritt auch früh in der Phylogenese auf. Bereits Tauben

mit einem im Vergleich zum Menschen wesentlich kleineren und primitiveren Gehirn können Reize konzeptuell unterscheiden. Die Beherrschung von perzeptuellen Konzepten ist somit nicht nur dem stammesgeschichtlich zuletzt entstandenen Vertebraten, dem Menschen, eigen. Sie gehört bereits zur Ausstattung eines früh entstandenen Wirbeltiers wie der Taube.

Zu Erklärungsansätzen hinsichtlich des zugrundeliegenden Mechanismus der Kategorisierungen siehe Cerella (1982), Lea (1984), Lea & Ryan (1983).

1.2.4.2. Das Gleich- Ungleichkonzept

Die Unterscheidung von identisch und verschieden beim Menschen

Kleine Kinder können die Objekte ihrer Umwelt nicht nur auf der Grundlage von Kategorien unterscheiden. Bereits zu einem frühen Zeitpunkt ihres Lebens können sie Reize als gleich oder verschieden erkennen (Aslin, 1987). Die Fähigkeit, gleich und ungleich zu unterscheiden, wird häufig mittels der Habituiierungsmethode untersucht. Bei diesem Verfahren bekommen die Kinder einen Reiz wie z. B. ein schwarz-weißes Schachbrett gezeigt. Sie wenden sich dem Stimulus zu und schauen ihn an. Die Dauer der Betrachtung wird gemessen. Wenn der Reiz wiederholt präsentiert wird, gewöhnen sich die Kinder an ihn (Habituation). Sie verlieren das Interesse, die Dauer der Fixation verkürzt sich. Wenn dann ein neuer Stimulus erscheint, erhält dieser mehr Aufmerksamkeit als der alte zuletzt bekommen hat. Er wird länger angeblickt. Diese Bevorzugung des neuen Reizes setzt voraus, daß die Kinder die beiden Reize voneinander unterscheiden können. Sie müssen den wiederholt gezeigten Reiz als gleich und den neuen als verschieden von diesem erkennen.

Die Möglichkeiten zur Wahrnehmung sind bei der Geburt noch unvollkommen. Das visuelle System entwickelt sich auch nach der Geburt noch (Acredolo & Hake, 1982). Trotzdem konnte

mittels der Habituationmethode nachgewiesen werden, daß bereits Neugeborene nach gleich und ungleich unterscheiden können (Friedman, 1972; Slater, Earle, Morison & Rose, 1985; Slater, Morison & Rose, 1982). Wenige Wochen alte Säuglinge sind bereits in der Lage, zwischen unterschiedlichen Orientierungen eines Streifenmusters zu diskriminieren (Maurer & Martello, 1980).

Im Alter von zwölf Monaten kann das Spielen mit Objekten durch die zwischen diesen bestehende Gleich-Ungleichrelation gesteuert werden. Die Untersuchung von Ricciuti (1965) hat gezeigt, daß einjährige Babys dazu neigen, gleiche und verschiedene Objekte auf unterschiedliche Art und Weise zu behandeln. Die Babys bekamen auf einem Tablett vor dem Stühlchen, in dem sie saßen, vier gelbe Würfel und vier graue Kugeln hingelegt. Die Objekte waren zufällig angeordnet. Fast die Hälfte der Babys berührte entweder erst die vier Kugeln oder die vier Würfel. Dieses Ordnen der Gegenstände geschah spontan und ohne Aufforderung.

Bei Säuglingen und kleinen Kindern werden Gleich-Ungleichunterscheidungen untersucht, um Aufschluß über die Entstehung und Entwicklung dieser kognitiven Leistung zu erhalten. Die Experimente haben nachgewiesen, daß die Diskrimination von identisch und verschieden bereits kurz nach der Geburt möglich ist. Diese kognitive Leistung setzt keine sprachlichen Fähigkeiten voraus. Das spontane Auftreten des Kategorisierens bereits kurz nach der Geburt deutet darauf hin, daß die Ordnung nach gleich und ungleich dem Nervensystem inhärent ist.

Beim erwachsenen Menschen ist es von Interesse, die informationsverarbeitenden Prozesse aufzudecken, die diesen Leistungen zugrunde liegen. Von Bedeutung sind deshalb die Reaktionszeiten, die zum Fällen von Gleich- Ungleichurteilen vonnöten sind. Den Versuchspersonen werden in der Regel zwei Reize gezeigt. Sie müssen entscheiden, ob diese identisch oder verschieden sind. Pro Sitzung erscheinen zu gleichen Anteilen identische und ungleiche Paarungen. Ungleichentscheidungen sollten schneller getroffen werden können als Gleichurteile. Das Erkennen einer Nichtübereinstimmung auf

einer einzigen Dimension wie Farbe, Größe oder Form genügt. Andere Dimensionen müssen nicht verglichen werden. Anders verhält es sich, wenn zwei Reize als identisch beurteilt werden sollen. Gleichentscheidungen können nur abgegeben werden, wenn alle Dimensionen verglichen und als übereinstimmend beurteilt werden. Dies sollte zu längeren Reaktionszeiten führen als bei den Ungleichurteilen. Kurze Reaktionszeiten für Ungleichurteile entstehen, wenn die zwei zu vergleichenden Reize auf einer Vielzahl von Dimensionen unterschiedlich sind. Wenn diese gering sind, werden die Entscheidungen langsamer getroffen. Urteile als gleich können dann weniger Zeit in Anspruch nehmen als solche als ungleich. In der Regel wird schneller erkannt, daß zwei Reize wie "roter Kreis - roter Kreis" identisch sind, als daß "roter Kreis - rotes Quadrat" verschieden sind. Die Reaktionszeiten für Gleichentscheidungen sind somit kürzer als die der langsamsten Ungleichurteile. Diese Besonderheit deutet auf unterschiedliche mentale Prozesse bei Gleich- Ungleichunterscheidungen hin (zur umfassenden Übersicht siehe Farell, 1985).

Gleich- Ungleichdiskriminationen bei Tieren

Daß auch stammesgeschichtlich früh entstandene Wirbeltiere wie Tauben Reize danach unterscheiden können, ob sie identisch oder verschieden sind, wird bis heute angezweifelt. Bei Affen ist gezeigt worden, daß sie durchaus konzeptuelle Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen können (Fujita, 1983b; Irle & Markowitsch, 1986; Mishkin & Delacour, 1975; Moon & Harlow, 1955; Nissen, Blum & Blum, 1948; Strong & Hedges, 1966; Wright, Santiago & Sands, 1984). Diese Fähigkeit ist nicht nur auf die visuelle Modalität begrenzt. Davenport & Rogers (1970, 1971) konnten zeigen, daß Affen selbst Reize aus unterschiedlichen Modalitäten nach Gleich- Ungleichregeln einordnen können. Sie konnten aus zwei nicht sichtbaren Vergleichsreizen das Objekt haptisch auswählen, das mit einem Musterreiz - einem visuell präsentierten Objekt oder einer Photographie des

Objekts - identisch war. Obwohl die Affen nicht in allen Untersuchungen ein Konzept überzeugend anwendeten (Fujita, 1982; 1983a; Kojima, 1979; Jackson & Pegram, 1970a; b), erscheint es als sehr wahrscheinlich, daß sie eine Unterscheidung nach gleich und ungleich im Experiment lernen können und danach handeln können.

Im Gegensatz dazu wird bis heute kontrovers diskutiert, ob auch Tauben solche Unterscheidungen treffen können. Die Untersuchungen zu dieser Fragestellung sind widersprüchlich. Die Ergebnisse aus einer Reihe von Studien weisen nicht auf die Fähigkeit zu konzeptuellen Gleich- Ungleichunterscheidungen hin (Berryman, Cumming, Cohen & Johnson, 1965; Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974; Santi, 1982; Wilson, Mackintosh & Boakes, 1985a; b). Dem stehen mehrere Arbeiten gegenüber, die als Nachweis für konzeptuelle Kategorisierungen gedeutet werden (Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984; Malott & Malott, 1970; Pisacreta, Redwood & Witt, 1984; Santiago & Wright, 1984; Zentall & Hogan, 1974; 1975). Mehrere dieser Studien sind dahingehend kritisiert worden, daß die Ergebnisse die Anwendung eines Konzepts nicht eindeutig belegen, da die Tiere einfachere Mechanismen zur Aufgabenlösung einsetzen konnten. Außerdem wird die Messung des Gleich- Ungleichprinzips in vielen Untersuchungen als inadäquat angesehen.

Obwohl die experimentellen Untersuchungen Zweifel daran gelassen haben, erscheint es doch notwendig für Tauben, daß sie über einen solchen generellen Mechanismus verfügen. In der Natur muß die Taube sicherlich unterschiedlichste Objekte nach gleich und ungleich unterscheiden. Das Treffen solcher Entscheidungen mittels eines universell anwendbaren Prinzips sollte eine effiziente Steuerung des Verhaltens erlauben. Man denke z.B. an die Nahrungsaufnahme, bei der das Tier mit gut und schlecht schmeckenden Körnern konfrontiert ist. Die Taube probiert ein schlechtes Futterkorn. Wenn sie über eine generelle Gleich- Ungleichregel verfügt, kann sie auf weitere gleiche Körner schließen. Sie werden gemieden, ohne daß sie erst ausprobiert werden müssen.

1.2.4.3. Methoden zur Untersuchung des Gleich- Ungleich- konzepts bei Tauben

Bevor die bisher durchgeführten Arbeiten zum Konzeptlernen geschildert werden, folgt eine kurze Darstellung der für diese Fragestellung verwendeten Methoden. Allen hierzu herangezogenen Verfahren ist gemeinsam, daß sie auf dem konditionalen Diskriminationslernen fußen. Im einfachen Diskriminationsexperiment ist einer von zwei präsentierten Reizen immer richtig. Der andere ist stets falsch. Die konditionale Diskrimination ist von den Reizen selbst unabhängig. Sie geht darüber hinaus. Der einzelne Reiz ist nicht länger richtig oder falsch. Er ist richtig oder falsch in Abhängigkeit von der Beziehung, die er zu einem anderen Reiz aufweist. Die Tiere müssen somit nicht anhand der einzelnen Reize wählen, sondern aufgrund der zwischen ihnen bestehenden Relation. Gleich- Ungleichuntersuchungen werden folgendermaßen durchgeführt. Die Tiere lernen anfangs, eine beleuchtete Pickscheibe in einer Skinnerbox zu betätigen. Für jede Reaktion bekommen sie eine Futterbelohnung (Verstärkung). Dieses Pickverhalten wird so lange eingeübt, bis die Tiere es zuverlässig beherrschen. Dann werden die Trainingsreize in der Versuchskammer präsentiert, anhand derer die Tiere die Gleich- Ungleichunterscheidung lernen sollen. Sie werden entweder auf der schon vorher verwendeten Pickscheibe gezeigt, oder es werden eine oder mehrere Pickscheiben dazugenommen. Wenigstens zwei Reize erscheinen in Kombination. Sie sind entweder gleich oder verschieden. Zwischen ihnen besteht eine Gleich- oder eine Ungleichbeziehung. Die Tiere müssen nun lernen, daß zwei unterschiedliche Reaktionen auf diese beiden Bedingungen gezeigt werden müssen. Richtige Reaktionen auf die unterschiedlichen Bedingungen führen in der Regel zu Verstärkung. Falsche Reaktionen führen je nach Versuchsdurchführung zu unterschiedlichen Konsequenzen. Die Tiere erhalten keine Futterbelohnung oder die Reize werden kurzzeitig ausgeblendet und dann in gleicher Zusammensetzung erneut gezeigt (Korrekturdurchgang). Dies geschieht so lange

bis die Taube das Reizpaar richtig diskriminiert hat. Häufig werden solche Korrekturdurchgänge mit einem Bestrafungsintervall gekoppelt. Nach der falschen Reaktion wird die Versuchskammer für einige Sekunden verdunkelt. Oder die Zeitdauer bis zu einer erneuten Reizpräsentation wird erhöht. Dadurch verlängert sich die Spanne bis zu einer Futterverstärkung.

Am häufigsten wird relationales Lernen mit der Wahl-nach-Muster - Methode untersucht. Auf der mittleren von drei Pickscheiben wird ein Musterreiz gezeigt. Picken auf diesen Musterreiz läßt zwei Vergleichsreize erscheinen. Einer ist mit dem Musterreiz identisch, der andere ist davon verschieden. Bei einer "matching-to-sample" - Aufgabe werden Reaktionen auf den identischen Vergleichsreiz belohnt, bei einer "oddtity-from-sample" - Prozedur auf den verschiedenen Vergleichsreiz (Cumming & Berryman, 1965; Zentall & Hogan, 1976). Die Tiere müssen in einer Sitzung mehrere Kombinationen unterscheiden.

Bei dem "go no-go" - Verfahren werden nur zwei Reize gezeigt. Sie sind entweder identisch oder voneinander verschieden. In einer Sitzung werden mehrfach gleiche und ungleiche Reizpaare präsentiert. Innerhalb einer "matching" - Aufgabe werden Reaktionen auf identische Kombinationen verstärkt, auf ungleiche Reizpaare soll nicht reagiert werden. Bei einer "oddtity" - Aufgabe soll auf gleiche Reize nicht reagiert werden. Pickverhalten auf ungleiche Kombinationen führt zu Belohnung (Malott & Malott, 1970; Zentall & Hogan, 1975).

Auch beim dritten verwendeten Verfahren erscheinen in einer Sitzung nacheinander gleiche und ungleiche Reizpaare. Die Tiere müssen in beiden Bedingungen reagieren. Bei gleichen Reizpaaren sind Reaktionen auf eine bestimmte Pickscheibe (Wahlscheibe) richtig, bei ungleichen Paaren muß eine andere Pickscheibe betätigt werden (Honig, 1965; Wright, Santiago, Urcuioli & Sands, 1983).

Die Diskriminationsleistung wird im allgemeinen als Verhältnis richtiger Wahlen zur Gesamtzahl aller Wahlen erhoben. Die Wahlen der Korrekturdurchgänge gehen in diese

Messung nicht ein.

Das Training wird so lange durchgeführt, bis die Tiere die Stimuli entsprechend einem vorher festgesetzten Kriterium unterscheiden. Daß die Tauben eine logische Verknüpfung erworben haben, wird auf diese Weise nicht demonstriert. Sie haben vielleicht nur gelernt, wie sie auf die unterschiedlichen Kombinationen reagieren müssen. Deshalb wird in Testsitzungen geprüft, ob die Tiere auch neue, unbekannte Reizpaare nach einem verallgemeinernden Prinzip als gleich und ungleich diskriminieren (Transfer).

1.2.4.4. Bisherige Studien zum Gleich- Ungleichkonzept

Damit ein generell anwendbares Gleich- Ungleichprinzip nachgewiesen werden kann, muß die Taube die zwischen den Reizen bestehende Gleich- Ungleichbeziehung erkennen. Untersuchungen müssen so angelegt sein, daß die Wahlen durch diese Relation gesteuert werden. Dies scheint in den Studien, die ein Gleich- Ungleichkonzept nicht zeigen konnten, nicht gelungen zu sein. Alle diese Arbeiten verwendeten nur eine geringe Anzahl von Reizen. Daraus konnten nur wenige Kombinationen hergestellt werden. Diese wurden im Training wiederholt präsentiert.

Wenig Reize vs. viele Reize

In Untersuchungen von Wilson, Mackintosh & Boakes (1985a,b) konnten Tauben die relationale Regel nur anhand von zwei Reizen in vier Kombinationen einüben. Im Transfer wurden die Reize des Trainings durch zwei neue ersetzt. Die Tiere reagierten zufällig. Selbst als Tauben auf eine Serie von drei Farbdiskriminationen bestehend aus zwei Farben trainiert wurden, verbesserte dies die Wahlen im Test nicht. Weder die "oddtity"- noch die "matching" - Gruppe setzte die eingeübte Unterscheidung ein. Die Untersuchung zeigt, daß diese größere Zahl von Kombinationen nicht ausreichend war. Tauben müssen auf wesentlich mehr Problemen trainiert werden, damit sie im Test nach gleich und ungleich

unterscheiden können. Dies zeigen auch die Arbeiten von Cumming & Berryman (1961) und Cumming, Berryman & Cohen (1965). Die Autoren untersuchten den Erwerb und den Transfer der relationalen Regel mit dem simultanen und verzögerten "matching-to-sample" - Verfahren. Bei der zweiten selten verwendeten Methode blendet sich der Musterreiz aus, wenn die Vergleichsreize auf den Pickscheiben erscheinen. Die Tiere wurden in zwölf Kombinationen trainiert. Im Test wurde eine Trainingsfarbe durch eine neue Farbe ausgetauscht. Wenn ein neuer Musterreiz erschien, wählten die Tiere nach Zufall oder darunter. Ähnliche Resultate zeigten Tauben beim Transfer auf neue Reize auch bei einer "oddity" - Aufgabe (Berryman, Cumming, Cohen & Johnson, 1965). Selbst eine Verdopplung der Kombinationen führt nicht zum Transfer der relationalen Regel. Farthing & Opuda (1974) ersetzten die zwölf Kombinationen des Trainings im Test durch zwölf neue. Die Tiere zeigten keine Hinweise auf ein "matching" - Konzept. Deshalb wurden sie auf diese neuen Beispiele trainiert bis sie die Unterscheidung zuverlässig beherrschten. Auch im zweiten Test wählten die Tiere zufällig, wenn ein neuer Musterreiz erschien.

Die geschilderten Untersuchungen wendeten unterschiedliche Methoden an. Aber in keiner Studie gelang der Transfer der relationalen Regel auf neue Reize. Die Unterscheidung blieb auf die Trainingsreize beschränkt. Im Test konnten die Tiere nicht nach dem eingeübten Prinzip reagieren. Diese Leistungen lassen darauf schließen, daß die Vögel im Training nur scheinbar anhand eines Gleich- Ungleichprinzips diskriminierten. Vermutlich haben die Tiere "auswendig-gelernt". Sie haben die im Training gezeigten Kombinationen mit den belohnten Reaktionen verknüpft. Diese Strategie reichte aus, um Verstärkung zu erhalten. Für die Tiere bestand keinerlei Veranlassung, die relationale Beziehung zu erkennen und danach zu handeln (Pisacreta & Witt, 1983). Gleich- Ungleichbeziehungen scheinen für Tauben nicht deutlich zu werden, wenn sie im Training nur wenige Beispiele unterscheiden müssen. Deshalb muß nach Verfahren gesucht werden, die das logische Prinzip deutlich

herausstellen. Eine Möglichkeit wäre, die Tiere auf eine größere Anzahl von Reizen zu trainieren. Wenn sie viele unterschiedliche Beispiele unterscheiden müssen, sollte ihre Aufmerksamkeit eher weg von den einzelnen Reizen hin zur Gleich- Ungleichbeziehung gelenkt werden.

Die experimentellen Befunde stützen diese Vermutung. Holmes (1979) trainierte Tauben mit einer "matching-to-sample" - Aufgabe auf eine Serie von 15 Problemen. In jeder Serie wurden zwei Reize kombiniert. Nach der Akquisition wurde der Transfer des "matching" - Konzepts auf zwei neue Reize geprüft. Die Tiere wählten in 70 - 75% der Fälle den identischen Vergleichsreiz. Diese Ergebnisse sprechen für die Vermutung, daß der Transfer der relationalen Regel durch das Einüben anhand vieler Beispiele verbessert werden kann.

Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) unterwarfen diese Hypothese einem Test. Sie trainierten zwei Gruppen von Tauben auf eine "oddity" - Aufgabe. Eine Gruppe diskriminierte im Training 40, die andere 160 unterschiedliche Beispiele. Nachdem die Tiere über mehrere Sitzungen zu 90% richtig reagiert hatten, wurde die Diskrimination bei neuen Reizen geprüft. Anders als in den vorher referierten Untersuchungen wurden die Tiere für diese Wahlen weder belohnt noch bestraft (Extinktion). Sie konnten im Test selbst nicht lernen. Trotzdem wählten sie signifikant über Zufall die unterschiedlichen Vergleichsreize. Die Tauben, die im Training viermal so viel Beispiele unterscheiden mußten, reagierten im Test allerdings nur geringfügig besser. Die andere Gruppe erkannte bereits aufgrund der 40 Beispiele, daß sie stets den ungleichen Reiz wählen mußte.

Auch Santiago & Wright (1984) konnten ein Gleich- Ungleichkonzept demonstrieren, nachdem Tauben auf viele Reize trainiert worden waren. Sie benutzten 210 verschiedene Reize, aus denen sechs verschiedene Kollektionen zu je 70 Reizpaaren zusammengestellt wurden. Im Gegensatz zu den bisher geschilderten Untersuchungen wurden die Reize während des Trainings neu kombiniert. Die Tauben

bearbeiteten die Reizsätze bis sie hohe richtige Wahlen zeigten. Dann wurde die erste Unterscheidung bei neuen Reizen als Transfer erhoben. Vor dem zweiten und dritten Test konnten die Tiere die relationale Beziehung anhand von vier neuen Kollektionen von Reizpaarungen einüben. Über alle Tests gemittelt zeigten die Tauben 65% richtige Reaktionen. Sie unterschieden deutlich über Zufall. Verglichen mit der Studie von Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) wurden die Tiere auf wesentlich mehr Beispiele trainiert. Zusätzlich wurden die Reize im Verlauf des Trainings neu kombiniert. Trotzdem wurden die Testwahlen dieser Untersuchung nicht erreicht (ca. 70 - 80% Richtige). Diese Resultate widersprechen unserer Hypothese nur scheinbar. Santiago & Wright (1984) untersuchten die relationale Diskrimination mittels Wahlscheiben. Die Tiere zeigen die Wahl als gleich oder ungleich an, indem sie eine von zwei Wahlscheiben betätigen. Dazu müssen sie die relationale Beziehung zwischen den Reizen erkennen und sich zusätzlich erinnern, auf welche Wahlscheibe nun reagiert werden muß. Dies Verfahren ist sicherlich schwieriger als die Wahl-nach-Muster - Prozedur, die Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) verwendeten. Die niedrigeren Wahlen von Santiago & Wright (1984) scheinen somit durch das gewählte Verfahren verursacht zu sein.

Negative Durchgänge (negative instance trials)

Die Verwendung von vielen Reizen sowie deren Neukombination im Training erleichtert Gleich- Ungleich-unterscheidungen bei neuen Reizen. Es ist eine Technik, welche die relationale Beziehung zwischen den Reizen hervorheben soll. Mit dem gleichen Ziel wird die Methode negativer Durchgänge angewendet. Bei negativen Durchgängen erscheinen Kombinationen, bei denen das Tier nicht entsprechend der eingeübten Regel reagieren kann. Ein Tier, das auf ungleich reagieren muß, bekommt in einem solchen Durchgang nur gleiche Reize präsentiert. Durch dieses Verfahren sollten Tiere leichter die Gleich- und

Ungleichbeziehungen erkennen, weil beide durch deutlich verschiedene Reaktionen voneinander abgegrenzt werden.

Das "go no-go" - Verfahren basiert auf diesem Prinzip. Malott, Malott, Svinicki, Kladder & Ponicki (1971) verwendeten es in mehreren Experimenten und berichteten vom Nachweis des Gleich- Ungleichkonzepts. Tauben lernten die relationale Diskrimination anhand einer Pickscheibe, die durch eine vertikale Linie in zwei Hälften unterteilt war. Die Hälften konnten mit identischen wie auch mit ungleichen Farben beleuchtet werden. Bei "matching" - Problemen wurden Reaktionen auf die identischen Hälften belohnt. Picken auf die ungleichen Muster führte nicht zu Verstärkung (negative Durchgänge). Nachdem die Tauben zuverlässig unterscheiden konnten, wurde das Konzept bei zwei neuen Farbreizen geprüft. Reaktionen auf die Testreize wurden weder belohnt noch bestraft. Entsprechend der eingeübten Regel pickten drei von vier Tauben häufiger auf die gleichen als auf die ungleichen Hälften. Ähnliches Verhalten konnten die Autoren auch in "oddity" - Experimenten zeigen, bei denen Reaktionen auf ungleiche Reizhälften richtig sind. Alle Tiere pickten häufig auf die ungleichen Testreize. Deutlich davon verschieden gaben sie nur wenige Reaktionen auf die gleichen Reize ab.

Negative Durchgänge haben in diesem Experiment zur Anwendung und zum Transfer der geforderten Unterscheidungen geführt, obwohl die Tiere im Training nur zwei Reize diskriminieren konnten. Alle bisherigen referierten Untersuchungen, die wenig Reize verwendeten, erzielten keinen Transfer des eingeübten Konzepts. Dies spricht dafür, daß negative Durchgänge relationale Beziehungen für Tauben verdeutlichen.

Urcuioli & Nevin (1975) präsentierten ebenfalls negative Durchgänge bei einer modifizierten Wahl-nach-Muster-Aufgabe. Auch sie berichteten unter Anwendung dieser Methode vom Transfer des "matching" - Konzepts. Die Autoren vermuten, daß der Transfer in den traditionellen Experimenten häufig scheitert, weil die Tauben nicht explizit lernen, den falschen Vergleichsreiz zu meiden. Sie entwickelten deshalb

ein Verfahren, bei dem Picker auf einen Musterreiz nur einen Vergleichsreiz erscheinen lassen. Reaktionen auf identische Vergleichsreize wurden belohnt. Wenn ein ungleicher Reiz erschien, sollten die Tiere ihn für 4.8 Sekunden meiden (negativer Durchgang). Dann erschien die richtige Alternative auf der anderen Pickscheibe. Falsche Picker führten zur Verlängerung des Intervalls. Die Tiere lernten mit kürzeren Reaktionszeiten (Latenz) auf identische Vergleichsreize zu reagieren als auf unterschiedliche. Kurze Latenzen zeigten sie auch bei identischen Kombinationen im Test. Mit derselben Methode untersuchte Urcuioli (1977) auch "oddity" - Diskriminationen, bei der Reaktionen auf verschiedene Vergleichsreize belohnt werden. Die Latenzen im Test waren bei den ungleichen Alternativen kurz, bei den identischen lang. Die Autoren resumieren, daß Tauben ein relationales Konzept lernen und anwenden können, wenn Gleich- und Ungleichbeziehungen sich im Experiment deutlich voneinander abheben.

Auch die Zentallgruppe sieht durch ihre Arbeiten diese Schlußfolgerung bestätigt. Negative Durchgänge in einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe erleichterten den Erwerb von "oddity" - Diskriminationen (Zentall, Hogan & Edwards, 1980) wie auch den Transfer von Gleich- Ungleichunterscheidungen (Zentall & Hogan, 1978). In diesen negativen Durchgängen war für die "matching" - Gruppe kein identischer und für die "oddity" - Gruppe kein ungleicher Vergleichsreiz vorhanden. Sie wurden während einer Sitzung in die normalen Kombinationen eingestreut. Sie endeten, wenn die Tiere für drei Sekunden keine Picker abgaben. Zentall & Hogan (1978) vermuten, daß durch negative Durchgänge das Konzept verdeutlicht oder besser gelernt wird. Weil die Tiere die negativen Alternativen in diesen Bedingungen meiden müssen, werden Gleich- und Ungleichbeziehungen zwischen den Reizen deutlich herausgehoben. Zentall, Hogan & Edwards (1980) bemerken, daß negative Durchgänge eventuell auch impulsive Fehler reduzieren. Um das dreisekündige Intervall nicht zu verlängern, sollten die Tiere mit der Zeit erst nach genauer Beobachtung der Reizmuster reagieren. Ein solches Verhalten

kann sowohl im Test wie im Training richtige Wahlen erhöhen. Auch in den Untersuchungen von Urcuioli & Nevin (1975) und Urcuioli (1977) kann dieses genaue Betrachten neben dem Herausstellen der relationalen Beziehung Akquisition und Transfer erleichtert haben.

Die Gruppe um Pisacreta setzte ebenfalls negative Durchgänge ein. Im Gegensatz zu den anderen Versuchsanordnungen erhöhten sie die Anzahl der Vergleichsreize. Bereits früher hatten Zentall, Hogan, Edwards & Hearst (1980) leichteres Lernen von "oddity" - Diskriminationen durch die Erhöhung falscher identischer Vergleichsreize gefunden. Die Autoren verweisen darauf, daß mit dieser Methode auch bei Kindern (Gollin & Schadler, 1972), Affen (Nissen & McCulloch, 1937) und Kanarienvögeln (Pastore, 1954) "oddity" - Diskriminationen positiv beeinflusst wurden. Anordnungen mit vielen identischen und einem ungleichen Reiz lassen diesen besonders markant erscheinen. Dies erleichtert vermutlich die Lenkung der Aufmerksamkeit auf den ungleichen Reiz und somit das Erkennen der relationalen Beziehung. In den Untersuchungen von Pisacreta, Redwood & Witt (1984) erschien zu Beginn eines Durchgangs der Musterreiz auf einer Pickscheibe. Picker auf diesen Reiz ließen einen Vergleichsreiz erscheinen. Wenn ein identischer Vergleichsreiz gezeigt wurde und die Vögel auf ihn reagierten, wurde Futter gegeben. Wenn ein ungleicher Vergleichsreiz erschien, mußte die Taube den Musterreiz so lange weiterpicken, bis auf eine der Pickscheiben der richtige identische Vergleichsreiz erschien. Maximal konnte das Tier fünf Reize anfordern. Wahlen des falschen verschiedenen Vergleichsreizes bewirkten eine Wiederholung des Durchgangs. Nachdem die Tauben die Diskrimination gelernt hatten, wurden in Tests fünf neue Reize sowohl als Muster- wie als Vergleichsreize in die Kombinationen des Trainings eingestreut. Mit derselben Methode untersuchten Pisacreta, Lefave, Lesneski & Potter (1985) auch den Erwerb des "oddity" - Konzepts. Der Transfer der relationalen Regel wurde in einer Reihe von Sitzungen mit jeweils drei neuen Reizen getestet. Diese Sitzungen setzten sich sämtlich aus

neuen Reizen zusammen. Die Resultate der Tests wurden von den Autoren als Nachweis des Gleich- Ungleichkonzepts interpretiert. Sie wurden als Mittel über mehrere Sitzungen aufgeführt. Die Tiere diskriminierten in allen Tests über Zufall.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß viele Reize sowie negative Durchgänge Gleich- Ungleichbeziehungen für Tauben verdeutlichen. Die Unterscheidung von neuen Reizen genügte den von den Autoren angelegten Kriterien an den Transfer. Somit sehen sich die Autoren bestätigt, daß diese Methoden zum Transfer des universellen Prinzips führen. Es hat sich aber auch gezeigt, daß die im Test erzielten Wahlen häufig nicht an die im Training gezeigten heranreichen (Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984; Santiago & Wright, 1984). Wenn die Tiere ein universelles Konzept gelernt haben, sollten sie es auf jede beliebige Kombination von Reizen sicher anwenden können. Die häufig schlechteren Wahlen des Tests sind damit erklärt worden, daß Tauben durch die Neuheit der Testreize irritiert sind. Dadurch wird die relationale Unterscheidung im Test negativ beeinflusst. Das vorhandene Konzept wird verschleiert oder gar nicht deutlich, wenn die Tiere nur zufällig diskriminieren. Niedrige Testwahlen aufgrund einer Neuigkeitsaversion sollten davon abgegrenzt werden können, daß die Tiere ein Gleich- Ungleichkonzept nicht verallgemeinernd anwenden können. Deshalb sind in der Vergangenheit verschiedene Methoden entwickelt worden, um die störende "Neophobie" abzubauen.

Neuigkeitsaversion

Eines dieser Verfahren besteht in der Gewöhnung an die neuen Reize. Sie werden den Tauben vor dem eigentlichen Test präsentiert. Picker auf die Stimuli bewirken Verstärkung. Nach Anwendung dieser Methode fanden Zentall & Hogan (1978) keinen Unterschied zwischen adaptierten und nicht adaptierten Vögeln im Test. Zentall, Edwards & Hogan (1983) vermuten, daß die Adaptation deshalb so geringe Effekte

hatte, weil sie nicht ausreichend lang durchgeführt wurde. Auch in den Arbeiten von Wilson, Mackintosh & Boakes (1985a, b) und Farthing & Opuda (1974) erleichterte die Adaptation nicht den Transfer. Die drei Studien sind bereits kritisiert worden, weil die Tiere die Gleich- Ungleichunterscheidung nur an wenigen Beispielen einüben konnten. Wenn die Tauben die relationale Beziehung überhaupt nicht erkannt haben, können die Auswirkungen der Gewöhnung an neue Reize kaum nachgewiesen werden.

Bei einem anderen Verfahren werden die Tauben durch eine Reihe von Transfers mit neuen Reizen konfrontiert. Nach einigen Tests sollten sich die Tiere an Neuigkeit gewöhnt haben und die Wahlen sollten sich verbessern. Farthing & Opuda (1974) sowie Wilson, Mackintosh & Boakes (1985 b) erzielten nach Anwendung dieses Verfahrens in "matching-to-sample" - Experimenten keinen überzufälligen Transfer. Wie bereits ausgeführt, wird vermutet, daß die Adaptation sich nicht auswirken konnte, weil die Tiere die abstrakte Verknüpfung zwischen den Reizen nicht bemerkt hatten. Auch in der Untersuchung von Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) zeigte sich kein Effekt nach mehreren Tests. Die Richtigwahlen wiesen keinen einheitlichen zunehmenden Trend auf. Im Gegensatz dazu verbesserten sich in einer Studie von Santiago & Wright (1984) die Wahlen in drei Tests von 60% auf 64% und 71%. Die Tiere in dieser Untersuchung wurden durch eine Vielzahl von Reizen an Neuigkeit gewöhnt. Sie bekamen 300 Paare von neuen Reizen im Test und zusätzlich vier Sets mit 70 Durchgängen ebenfalls aus neuen Reizen im Verlauf des Trainings zu den ursprünglichen Beispielen präsentiert. Die eingeführten neuen Reize vergrößerten die Beispiele zum Einüben der Unterscheidung erheblich. Somit wurden die Wahlen im Test durch das Zusammenwirken beider Faktoren verbessert.

Der Ansatz von Zentall

Die bisher aufgeführten Studien haben spezielle Techniken angewendet, um den Transfer des Gleich- Ungleichkonzepts auf neue Reize zu erleichtern. Die Gruppe um Zentall dagegen hat ein besonderes Verfahren der Messung entwickelt, mit dem der Transfer leichter nachgewiesen werden kann. Mit dieser Methode gelang es ihnen, Transfer des Gleich- Ungleichkonzepts zu demonstrieren (Zentall & Hogan, 1974; 1975; 1976; 1978; Edwards, Jagielo & Zentall, 1983; Edwards, Miller & Zentall, 1985). Typischerweise werden Tauben darauf trainiert, zwei Reize zu unterscheiden. Eine Gruppe von Tieren wird für Wahlen des gleichen, die andere für Wahlen des ungleichen Vergleichsreizes belohnt. Wenn die Tiere die Diskrimination zuverlässig beherrschen, werden die zwei Reize des Trainings durch zwei neue ersetzt. Über mehrere Sitzungen wird die Leistung bei der Unterscheidung dieser Reize gemessen. Die Verstärkungsbedingungen bleiben während dieser Zeit in Kraft. In den bisherigen Studien galt das Konzept als nachgewiesen, wenn die Tiere bei neuen Reizen das vorher eingeübte diskriminative Verhalten zeigten, oder wenn sie die Unterscheidung der neuen Reize schneller lernten als die der ursprünglichen Kombinationen des Trainings. Auch die Gruppe um Zentall geht von der Überlegung aus, daß auf "matching" oder "oddity" trainierte Tauben im Transfer eine neue "matching" - oder "oddity" - Aufgabe leichter lernen sollen. Wenn allerdings die "matching" - Gruppe auf "oddity" und die "oddity" - Gruppe auf "matching" transferiert wird, sollte das Lernen der neuen Aufgabe durch diesen Wechsel deutlich schwieriger sein. Die Nichtwechselgruppe sollte positiven Transfer bei neuen Reizen zeigen, während die Wechselgruppe negativen Transfer aufweisen sollte. Aufgrund dieses Unterschieds wird die Transferleistung erhoben. Er ist die Maßeinheit, die den Konzepttransfer darstellt. Folgerichtig werden in allen Studien die Leistungen im Transfer bei diesen beiden Gruppen verglichen. Wenn ein signifikanter Unterschied zwischen beiden besteht, gilt das Konzept als demonstriert. Diese

Messung ist wesentlich sensibler als die ansonsten angewendeten. Mit dieser Methode sollte der Transfer eher nachzuweisen sein als mit den ansonsten üblichen Verfahren. Der Nachweis beinhaltet nicht notwendig, daß die beiden Gruppen sich in der ersten Transfersitzung signifikant unterscheiden müssen. Auch wenn die Lernraten bei der Testaufgabe differieren, sprechen die Autoren von der Demonstration des Konzepts. Die Autoren bewerten diese Methode als sensitives Maß für die Erhebung von Transfer. Es können auch allgemeine Effekte miterfaßt werden, die in der ersten Testsitzung noch nicht sichtbar werden (siehe Zentall, Hogan & Edwards, 1984; Zentall, Edwards & Hogan, 1983).

Strategien zur Lösung von Gleich- Ungleichaufgaben

Die bis heute angesammelten Untersuchungen zur Anwendung von Gleich- Ungleichkonzepten bei Tauben liefern uneinheitliche Resultate. Einige Studien konnten keine Hinweise auf relationale Unterscheidungen finden, andere sehen diese aufgrund ihrer Befunde als durchaus nachgewiesen an. Wie sind diese unterschiedlichen Ergebnisse zu erklären? Wie bereits ausgeführt fußen die Untersuchungen zum Konzeptlernen auf konditionalen Diskriminationen. Probleme dieser Art können auf drei unterschiedliche Weisen gelöst werden (Carter & Werner, 1978). Die Reize können aufgrund eines universellen Prinzips in gleich und ungleich unterschieden werden. Die Tiere reagieren nach der Regel "wähle den gleichen bzw. ungleichen Reiz". Die beiden anderen Modelle nehmen an, daß die Tiere die Reize mit den richtigen Reaktionen auswendiglernen. Das Konfigurationsmodell sagt, daß die präsentierten Reize in ihrer räumlichen Anordnung (Konfiguration) mit der richtigen Reaktion verbunden werden. Die Tiere lernen z. B. "gehe nach rechts, wenn ein Kreuz und ein Kreis erscheinen; gehe nach links, wenn zwei Kreuze erscheinen " (Gulliksen & Wolfle, 1938). Das multiple Regelmodell nimmt an, daß die Tiere eine Reihe von Reiz- Reaktionsketten, von wenn-dann Regeln lernen. Die

Regeln gründen sich auf die einzelnen Musterreize. In "matching-to-sample"-Experimenten können Tauben z.B. lernen, "picke den roten Vergleichsreiz, wenn auf einen roten Musterreiz reagiert wurde" (Skinner, 1950). Einige Untersuchungen haben Hinweise gefunden, daß Tauben aufgrund von multiplen Regeln unterscheiden. Wenn in "matching" - Experimenten ein bekannter Musterreiz in neuer Kombination erscheint, wählen die Tiere oft den richtigen identischen Vergleichsreiz. Die richtige Reaktion auf diesen Musterreiz war im Training gelernt worden. Wenn allerdings ein unbekannter Musterreiz präsentiert wird, reagieren die Tiere häufig zufällig (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974). Da die Tiere im Training nur Muster- und Vergleichsreiz verknüpft haben ohne die Gleichbeziehung zu beachten, können sie auf einen neuen Musterreiz hin keine richtige Unterscheidung treffen. Dies gilt auch, wenn sie im Training die Konfiguration der Reize und die entsprechenden Reaktionen gelernt haben. Nur wenn die Tiere im Training bereits aufgrund der bestehenden Gleich- Ungleichrelation diskriminierten, sollten sie neue Reize verallgemeinernd unterscheiden können.

Im folgenden soll geprüft werden, ob dies in den Untersuchungen, die als Nachweis für abstrakte Konzepte gedeutet werden, auch tatsächlich gelungen ist. Haben die Tauben aufgrund eines universellen Prinzips unterschieden oder konnten sie simplere Mechanismen anwenden, um die Aufgaben im Test zu lösen? Wie müssen die Reize und die Messung des Transfers beschaffen sein, damit sich die Wahlen im Test ausschließlich mit einem universellen Prinzip erklären lassen? Die Testreize sollten sich deutlich von denen des Trainings unterscheiden. Ansonsten kann das Tier neue Reize auch ohne eine relationale Regel richtig diskriminieren. Wenn Tauben im Training beispielsweise gelernt haben auf die Reizkombination "VV" zu picken, reagieren sie im Test vermutlich auch auf "UU". Wenn sie bei "QQ" Picker unterdrücken mußten, reagieren sie im Test vermutlich auch nicht auf "OO". Die Tiere können aufgrund der Ähnlichkeit zwischen den Reizen generalisieren. Der

Schluß auf die Demonstration eines Konzepts ist nicht eindeutig. Entsprechend können Tiere auch generalisieren, wenn sie im Training nach multiplen Regeln unterscheiden. Um solche Phänomene zu verhindern haben Zentall & Hogan (1975) vorgeschlagen, relationales Lernen mit Reizen aus einer vom Training verschiedenen Dimension zu messen. Auf Muster trainierte Tiere werden dann z. B. mit Farben getestet.

Die Messung des Transfers auf neue Reize

Die Leistung im Transfer wird mit drei verschiedenen Methoden gemessen. Bei einem weit verbreiteten Verfahren werden die Reaktionen auf die neuen Reize belohnt und bestraft. Das Konzept gilt als nachgewiesen, wenn die Reize im Test überzufällig diskriminiert werden. Auch wenn die neuen Reize im Vergleich zum Training schneller unterschieden werden können, wird auf ein relationales Konzept geschlossen (Holmes, 1979; Pisacreta, Lefave, Lesneski & Potter, 1985; Pisacreta, Redwood & Witt, 1984; Urcuioli, 1977; Urcuioli & Nevin, 1977). Diese Messung beinhaltet nicht die erste sondern eine Vielzahl wiederholter Wahlen bei immer identischen Kombinationen. Durch die Verstärkung wissen die Tiere, welche Reaktion richtig ist. Sie können innerhalb des Tests lernen und die Wahlen verbessern sich. Weil die Tiere nach langem Training sehr vertraut sind mit der Art der Aufgabe, lernen sie im Test schnell, richtig zu unterscheiden. Diese Methode prüft deshalb nicht den Transfer eines Konzepts, sondern den Transfer von Aufmerksamkeit und Lerneinstellungen (D'Amato, Salmon & Colombo, 1985; Holmes, 1979). Überzeugender und eindeutiger sollte ein Konzept nachgewiesen sein, wenn die Tiere im Test keine Information über die Richtigkeit ihrer Wahlen erhalten. Durchgänge mit neuen Reizen sollten nicht belohnt bzw. bestraft werden (Extinktion) oder es sollte nur die erste Reaktion auf belohnte und bestrafte Durchgänge als Transfer gemessen werden. Unter diesen Bedingungen können die Wahlen im Test durch Lernen nicht verbessert werden. Nur ein solcher Test kann aussagen, ob die Tiere ein abstraktes

Prinzip universell einsetzen können.

Mit einem grundsätzlich anderen Verfahren hat die Gruppe um Zentall den Transfer des Gleich- Ungleichkonzepts gemessen (Zentall & Hogan, 1974; 1975; 1976; 1978; Edwards, Jagielo & Zentall, 1983; Edwards, Miller & Zentall, 1985). Diese Art der Konzeptmessung ist in der Vergangenheit massiv kritisiert worden. Es wird grundsätzlich angezweifelt, daß in diesen Arbeiten der Transfer eines Konzepts demonstriert worden ist (Carter & Eckerman, 1976; Carter & Werner, 1978; D'Amato, Salmon & Colombo, 1985; Premack, 1978).

In einer Untersuchung von Zentall & Hogan (1974) lernten Tauben in einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe, zwei Reize zu unterscheiden. Eine Gruppe wurde für Wahlen des gleichen, die andere für Wahlen des verschiedenen Vergleichsreizes belohnt. Ab der Transfersitzung wechselte für jeweils die Hälfte beider Gruppen die Aufgabe, für die andere blieb sie gleich. Entsprechend der Erwartung diskriminierte die Nichtwechselgruppe mit 60% Richtigen gegenüber der Wechselgruppe mit 50% Richtigen in der Testsitzung wesentlich besser. Außerdem erlernte sie die neue Aufgabe wesentlich schneller. Die Autoren sahen sich bestätigt, daß die Tauben im Training ein "matching" - und "oddity" - Konzept gelernt hatten. D'Amato, Salmon & Colombo (1985) widersprechen dieser Schlußfolgerung. Sie führen die überzufälligen Wahlen auf Generalisierungen zurück. Tauben haben ein anderes Farbsehen als Menschen. Diskriminationen, die mit roten und grünen Farben gelernt wurden, können sie leicht auf gelb und blau generalisieren. Im Gegensatz zu uns Menschen erscheinen die Farben den Tauben ähnlich. Deshalb können sie im Test hohe richtige Wahlen erzielen, ohne wirklich Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen zu müssen. Zentall & Hogan (1974) testeten in einem nächsten Versuch den orthogonalen Transfer von Helligkeit auf Farbe. Die Leistungen der vier Gruppen im Test führten sie getrennt auf. Die "oddity - oddity" - Gruppe wie auch die "matching - matching"- und die "matching - oddity"- Gruppen zeigten sehr ähnliche Leistungen im Test. Entgegen der Hypothese beeinträchtigte der Wechsel die "matching - oddity" - Gruppe

nicht. Nur die "oddtity - matching" - Gruppe lernte die neue Diskrimination sichtlich schwerer. Der als Konzepttransfer beschriebene Effekt beruht demnach nicht auf dem positiven Transfer der Nichtwechselgruppe gegenüber der Wechselgruppe. Die Nichtwechselgruppe konnte im Test kein erlerntes Konzept anwenden. Sie diskriminierte in der ersten Sitzung knapp über Zufall. Der signifikante Unterschied zwischen beiden Gruppen beruht allein auf den schlechten Leistungen, dem negativen Transfer der "oddtity - matching" - Wechselgruppe (Premack, 1978). Auch in der Untersuchung von Zentall & Hogan (1975) beruhen die unterschiedlichen Leistungen der beiden experimentellen Gruppen hauptsächlich auf dem negativen Transfer der "oddtity - matching" - Wechselgruppe (Carter & Werner, 1978). Ob die Ergebnisse von Zentall & Hogan (1976) ebenfalls in diesem Sinne interpretiert werden müssen, darüber geben die Daten keinen Aufschluß. Zwei Gruppen von Tauben lernten, zwei Muster zu unterscheiden. Später wurden die Tiere auf zwei Farben transferiert. Die Leistungen wurden nicht für die vier Gruppen getrennt aufgeführt. Es existieren nur gemittelte Daten für die Nichtwechsel- und die Wechselgruppe. In der ersten Sitzung diskriminierten beide Gruppen zufällig. Erst beim Vergleich der ersten vier Sitzungen zeigte sich, daß die Wechselgruppe signifikant schneller lernte. Die Analyse von Carter & Eckerman (1976) verglich die Leistungen der Nichtwechselgruppe bei der Transferaufgabe mit einer naiven Kontrollgruppe, die erstmalig auf die gleiche Farbdiskrimination trainiert wurde (Daten aus Zentall & Hogan, 1974). Zwischen beiden bestand kein signifikanter Unterschied. Die auf konzeptuelle Unterscheidungen trainierte Gruppe lernte die Aufgabe nicht leichter als eine naive Kontrollgruppe. Signifikant unterschieden sich die Kontroll- und die Wechselgruppe. Letztere lernte die Diskrimination erheblich schlechter. Der Wechsel der Aufgabe im Test störte das Lernen merklich. Der als Konzepttransfer beschriebene Effekt beruht auch in dieser Arbeit nicht auf dem positiven Transfer der Konzeptgruppe (Nichtwechselgruppe) sondern auf dem negativen Transfer der

Wechselgruppe. Diese Kontrollgruppen fehlen in allen durchgeführten Untersuchungen der Zentallgruppe. Sie sind aber notwendig, um den Nachweis eines Konzepts führen zu können. Ein Konzept sollte eindeutiger demonstriert sein, wenn die Nichtwechselgruppen im Transfer die Aufgabe schneller lernen als zwei naive Kontrollgruppen, die auf "oddity" - und "matching" - Diskriminationen der Testaufgabe trainiert wurden (Carter & Eckerman, 1976; Carter & Werner, 1978).

Auch die Ergebnisse von Zentall & Hogan (1978) sind als Nachweis eines relationalen Konzepts nicht anerkannt (D'Amato, Salmon & Colombo, 1985). Die Autoren trainierten innerhalb einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe zwei Gruppen von Tauben auf "matching" - und "oddity" - Diskriminationen. Später wurden die Tiere als Nichtwechsel- und Wechselgruppe auf rote und grüne Reize transferiert. Einige Vögel waren den früher beschriebenen negativen Durchgängen ausgesetzt worden. Die Nichtwechselgruppe diskriminierte nach negativen Durchgängen besser als die Wechselgruppe. Diese Ergebnisse bestätigten den Autoren, daß die Tauben ein Gleich-Ungleichkonzept bei neuen Reizen einsetzen konnten. D'Amato, Salmon & Colombo (1985) haben darauf aufmerksam gemacht, daß die Tauben wie bereits in früheren Untersuchungen nicht erwartungsgemäß lernten. In der ersten Transfersitzung diskriminierte die Nichtwechselgruppe nur im Vergleich zur "oddity - matching" - Gruppe wesentlich besser. Zu den Richtigwahlen der "matching - oddity" - Gruppe bestand kein großer Unterschied. Nach diesem Test wurden alle Tiere mit eingestreuten negativen Durchgängen auf die Transferaufgabe trainiert. Dann wurde der Transfer erneut bei gelben und blauen Farben getestet. In der ersten Testsitzung zeigten sich erhebliche Unterschiede zwischen der Nichtwechsel- und der Wechselgruppe (82% vs. 42% richtige Wahlen). Auch in diesem Fall trugen die Wechselgruppen in unterschiedlicher Weise zum Ergebnis bei. Aufgrund der zwei Tests hatten die Tiere unterschiedliche Erfahrung mit "matching" - und "oddity" - Aufgaben. Einige Tiere waren während des Experiments für "oddity" - und "matching" - Diskriminationen

belohnt worden, andere nur für jeweils eine dieser Aufgabentypen. Die Vögel, die nach zwei "matching" - Aufgaben zu "oddtity" wechselten, zeigten in der ersten Sitzung richtige Wahlen knapp über Zufall. Mit 30% und 39% Richtigen diskriminierte die "oddtity - oddtity - matching" - Gruppe erheblich schlechter. Sie wählte unter Zufall, d.h. sie bevorzugte den falschen ungleichen Reiz. Sie zeigte deutlichen negativen Transfer. Auch in diesem Experiment beeinträchtigte wieder der Wechsel von "oddtity" zu "matching" und nicht der von "matching" zu "oddtity" die Resultate in besonderer Weise. Auch die hohen richtigen Wahlen der Nichtwechselgruppe sehen D'Amato, Salmon & Colombo (1985) nicht als Hinweis auf ein Konzept an. Wie im ersten Experiment der Zentallgruppe führen sie die richtigen Reaktionen auf Generalisierungen zurück.

Die Ergebnisse der Zentallgruppe haben gezeigt, daß besonders die "oddtity - matching" - Gruppen negativem Transfer ausgesetzt waren. Dies deutet darauf hin, daß beide Diskriminationen nicht gleichwertig sind, sondern daß Tauben leichter lernen, wenn sie für Reaktionen auf den ungleichen Vergleichsreiz belohnt werden. Wilson, Mackintosh & Boakes (1985a) bestätigten dies durchaus eindrucksvoll. Sie trainierten drei Gruppen von Tauben in Wahl-nach-Muster - Aufgaben bestehend aus zwei Farben. Jeweils eine Gruppe wurde belohnt für "oddtity" - und "matching" - Diskriminationen. Die restlichen Tauben lernten eine symbolische Unterscheidung. Bei diesen Problemen besteht zwischen Muster- und Vergleichsreiz keine relationale sondern ein willkürliche Beziehung. Zu Beginn eines Durchgangs erschien auf der mittleren Pickscheibe ein brauner oder malvefarbener Reiz. Reaktionen auf diese Pickscheibe ließen einen blauen oder grünen Vergleichsreiz erscheinen. Für die Hälfte der Tiere war blau richtig, wenn der Musterreiz malvefarben war. Bei der Präsentation eines braunen Musterreizes wurden Reaktionen auf grün belohnt. Für die restlichen Tauben war es umgekehrt. Nachdem die Tauben in allen Gruppen zuverlässig wählten, wurden sie auf "matching" - und "oddtity" - Aufgaben mit zwei neuen Farben

transferiert. Alle Gruppen, die mit "oddtity" getestet wurden, diskriminierten bereits in der ersten Testsitzung überzufällig. Die Gruppen, die von "matching" - und konditionalen Problemen transferiert wurden, zeigten kaum schlechtere Leistungen als die "oddtity - oddtity" - Gruppe. Die Gruppe, die im Training ein Konzept gelernt haben sollte, wählte nicht viel besser als die beiden anderen Gruppen. Ganz anders wählten die mit "matching" - Aufgaben getesteten Tiere. Entgegen der Erwartung zeigte die Nichtwechselgruppe keine konzeptuellen Unterscheidungen. Sie wählte knapp unter Zufall sehr ähnlich wie die vorher gar nicht auf relationale Unterscheidungen trainierten Tiere der symbolischen Gruppe. Eindeutig negativem Transfer (ca. 30% richtige Wahlen) war wieder die "oddtity - matching" - Gruppe ausgesetzt (Wilson, Mackintosh & Boakes, 1985a; Abb. 2).

Das Experiment zeigt eindrucksvoll, daß Tauben in Wahl-nach-Muster - Experimenten "oddtity" - Diskriminationen sehr schnell lernen können. Dieser Vorteil des "oddtity" - Lernens ist schon seit längerem bekannt (Ginsburg, 1957). Es wird häufig vermutet, daß die Tiere bevorzugt den ungleichen Reiz wählen, weil zuvor Reaktionen auf den Musterreiz nicht verstärkt wurden. Der Ansatz kann allerdings nicht erklären, daß Schimpansen auch ohne Belohnung den ungleichen Vergleichsreiz vorziehen (Davenport & Menzel, 1960). Wahrscheinlicher ist, daß die Bevorzugung in den Qualitäten des ungleichen Reizes begründet liegt. Davenport & Menzel (1960) vermuten, daß dieser Reiz die Aufmerksamkeit auf sich zieht, weil er sich von den beiden anderen identischen Reizen abhebt. Die Bevorzugung resultiert dann aus einer "feature-positive" - Wirkung des ungleichen Reizes (Jenkins & Sainsbury, 1969, 1970). Wenn Reaktionen auf Reize mit einem auffälligen Merkmal (feature) belohnt werden, können Tauben die Diskrimination erheblich schneller lernen, als wenn Reize ohne ein solches Merkmal belohnt werden (Lindenblatt & Delius, 1988; Sainsbury, 1971). In Wahl-nach-Muster - Versuchen ist es der ungleiche Reiz, der besonders markant heraustritt. Picker auf diesen Reiz werden bei "oddtity" - Problemen belohnt, so daß dieses Problem

schneller als eine "matching" - Diskrimination gelernt wird. Dieser Effekt zeigt sich auch bei Menschen (Nallan, Sanders, Dykeman, Hughes, Rauth, McCann & Morrison-Nallan, 1986). Personen bekamen Karten vorgelegt, auf denen zwei Felder mit je sechs Buchstaben aufgedruckt waren. Eines dieser Felder enthielt zwei identische Reize (feature). Die Personen sollten erkennen, welches dieser Felder in jedem Durchgang richtig war. Personen, für die die Felder mit dem auffälligen Merkmal richtig waren, lernten die Aufgabe signifikant schneller. Eine "feature" - verstärkte Gruppe lernt also schneller als eine nicht - "feature" - verstärkte Gruppe. Dieser Umstand spiegelt grundsätzliche Kontingenzen in der Umwelt wider. Auffälliges kündigt eher an, daß etwas folgt als Unauffälliges. Eine solche negative Korrelation muß die nicht - "feature" - verstärkte Gruppe lernen. Sie muß lernen, daß die Abwesenheit eines Merkmals ein Ereignis, nämlich Futter, ankündigt. Dies widerspricht Umwelterfahrungen und ist deshalb schwerer zu lernen.

Dieser Vorteil bei "oddity" - Diskriminationen läßt die Wahl-nach-Muster - Aufgabe ungeeignet erscheinen für die Untersuchung von Gleich- Ungleichkonzepten. Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, haben Edwards, Jagielo & Zentall (1983) in einem nächsten Experiment dieses Verfahren aufgegeben. Tauben wurden anhand von zwei Reizen auf relationale Unterscheidungen trainiert. Je nachdem, ob in einem Durchgang identische oder verschiedene Reize gezeigt wurden, mußten die Tiere eine linke oder rechte Wahlscheibe betätigen. Dafür erhielten sie Verstärkung. Später wurden die Tiere auf neue Reize und statisches vs. flackerndes Licht transferiert. Die Pickscheiben für die Wahlen als gleich oder ungleich blieben identisch wie im Training oder aber sie wurden gegeneinander vertauscht. Da die Autoren signifikante Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Transfergruppe fanden, sahen sie das Konzept als demonstriert an. Aber die genaue Betrachtung der Transferwahlen liefert keine Anhaltspunkte für eine solche Interpretation (D'Amato, Salmon & Colombo, 1985). In der ersten Testsitzung diskriminierten beide Transfergruppen

ähnlich in der Nähe des Zufalls. Im Test wurden die Tiere nicht auf zwei, sondern nur auf eine Ungleichkombination transferiert. Als sie später mit dieser zweiten Kombination getestet wurden, wählten sie nur zu 31,9 % richtig. In ähnlicher Weise ist auch der zweite Test zu kritisieren. Solche Ergebnisse können nicht als Demonstration eines Konzepts gelten.

Auch in einem nächsten Experiment versuchten Edwards, Miller & Zentall (1985) die bekannten Probleme bei "oddity"-Diskriminationen auszugrenzen. Sie trainierten Tauben im Rahmen einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe auf konditionale "matching" - und "oddity" - Diskriminationen. Jedes Tier mußte innerhalb dieses Experiments sowohl identische wie ungleiche Wahlen treffen. Die Aufgabe war abhängig von der Beleuchtung der Versuchskammer. Nachdem die Tauben die Diskrimination beherrschten, wurden sie auf zwei neue Farben transferiert. Für eine Gruppe blieb die Aufgabe wie im Training. Für die andere Gruppe wechselten mit dem Test auch die Kontingenzen zwischen Beleuchtung und geforderter Aufgabe. Die Autoren sahen ein generelles Konzept als nachgewiesen an, da die Nichtwechselgruppe die neue Aufgabe schneller lernte als die Wechselgruppe. Dieser Argumentation können wir uns nicht anschließen. Die ersten Sitzungen erscheinen kritisch für die Beurteilung des Transfers. Hier zeigten sich zwischen beiden Gruppen keine großen Unterschiede. Die Gruppe, die von "oddity" zu "matching" wechselte, als auch die "matching" - Nichtwechselgruppe diskriminierten anfangs bei Zufall. Die Nichtwechselgruppe konnte kein im Training erlerntes Konzept einsetzen. Ähnlich verhielt es sich bei "oddity" - Diskriminationen. Die Nichtwechselgruppe diskriminierte mit 60% Richtigen zwar überzufällig. Dies deutet aber nicht auf ein Konzept hin, da auch die "matching - oddity" - Gruppe trotz des Wechsels nicht viel schlechter diskriminierte. Die Differenz zwischen beiden Gruppen beim Erlernen der Aufgabe muß nicht notwendigerweise mit einem Konzept erklärt werden. Die Aufgabe war sehr komplex. Deshalb ist zu erwarten, daß die Wechselgruppen das neue Problem langsamer lernen.

Abschließend bewertet erscheint der Ansatz der Zentallgruppe als ungeeignet, um Gleich- Ungleichkonzepte zu untersuchen. Zum einen verursacht der "oddy" - Vorteil die bekannten Probleme beim Transfer. Zum anderen genügt die Erhebung des Transfers nicht unserem Kriterium. Die erste belohnte/bestrafte Wahl bei neuen Reizen oder Wahlen unter Extinktion geben eindeutiger Auskunft, ob Tiere neue Reize verallgemeinernd unterscheiden können. Nur drei Untersuchungen genügen dieser Anforderung.

Malott, Malott, Svinicki, Kladder & Ponicki (1971) testeten Gleich- Ungleichunterscheidungen bei neuen Reizen unter Extinktion. Die Tauben konnten die gelernten Reaktionen auf die unterschiedlichen Relationen anwenden. Die Autoren sahen sich bestätigt, daß die Tiere ein relationales Konzept gelernt hatten. Carter & Werner (1978) glauben, daß die Tiere eine einfachere Strategie angewendet haben. Sie konnten die Aufgaben im Test unabhängig von den gezeigten Farben lösen. Sie brauchten nur lernen, auf Kreise zu reagieren und Halbkreise zu meiden oder umgekehrt.

Auch Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) testeten den Transfer des "oddy" - Konzepts unter Extinktion. Die Wahlen lagen deutlich über Zufall. D'Amato, Salmon & Colombo (1985) haben eingewendet, daß die Wahlen des Transfers mit Generalisierungen erklärt werden können. Dies erscheint zumindest für den zweiten Test unwahrscheinlich, da verglichen mit Training und ersten Test Reize von deutlich anderer Art verwendet wurden. Auch Wilson, Mackintosh & Boakes (1985a) kritisieren die Möglichkeit von Generalisierungen. Ferner bemängeln sie, daß es keine Kontrollgruppen gab. Der Transfer des "matching"-Konzepts im Vergleich zu dem des "oddy"-Konzepts wurde beispielsweise nicht erhoben. Dies ist ein wichtiger Einwand. Die Vorteile des "oddy" - Lernens wurden bisher klar herausgestellt. Die überzufälligen Testwahlen dieser Untersuchung können durch die "feature-positive" - Wirkung des ungleichen Reizes beeinflusst sein. Wenn relationales Lernen mit Wahl-nach-Muster - Aufgaben untersucht wird, sollte deshalb der Transfer des "matching" - und des "oddy" - Konzepts

verglichen werden. Überzufällige Wahlen beim Transfer der "matching" - Relation würden wahrscheinlicher machen, daß in den "oddy" - Tests ein Konzept und nicht ein Wahrnehmungseffekt gemessen wird.

Santiago & Wright (1984) erhoben als Leistung im Transfer die erste belohnte/bestrafte Reaktion auf neue Reize. Im Training hatten die Tiere die Unterscheidung anhand von sechs verschiedenen Kollektionen von Reizen gelernt (420 verschiedene Beispiele). Ihre Wahlen als gleich oder ungleich zeigten sie durch die Betätigung einer von zwei Wahlscheiben an. Die Tauben erhöhten ihre richtigen Wahlen in drei Tests von 60% auf 64% und 71% richtige Reaktionen (gemittelt für die Gleich- und Ungleichbedingungen). Nach dem ersten Test hatten die Tiere die relationale Unterscheidung mit vier neuen Reizkollektionen zu je 70 Durchgängen einüben können. Deshalb führen die Autoren die Steigerung in den Tests auf weiteres Einüben des Konzepts sowie Gewöhnung an Neuigkeit zurück. Aber auch eine andere Erklärung ist möglich. Den Tieren wurden die Reizpaare des Trainings wiederholt präsentiert. Eine gedächtnismäßige Abspeicherung von Reipaaren und richtigen Reaktionen kann nicht ausgeschlossen werden. Wenn Tiere eine große Anzahl von Trainingsbeispielen auswendig können, sind die Möglichkeiten für Generalisierungen groß. Mit dem erhobenen Transfer kann deshalb nur dann ein Konzept demonstriert werden, wenn deutlich andersartige Reize für den Test verwendet wurden. Leider machen die Autoren hierzu keine genauen Angaben.

Ableitung eigener Untersuchungen

Wenn die Kombinationen der Trainingsreize für jede Sitzung wechseln, kann im Transfer eindeutiger Evidenz für ein Konzept erhoben werden. Generalisierungen durch Auswendiglernen werden eher verhindert. Zusätzlich wird die relationale Unterscheidung besser eingeübt. Ansonsten erscheint das Verfahren von Santiago & Wright (1984) als Methode der Wahl. Auf die mit dem Wahl-nach-Muster - Ver-

fahren verbundenen Schwierigkeiten wurde bereits mehrfach eingegangen. Auch die "go no-go" - Methode erscheint ungeeignet. Picken ist für die Taube ein natürliches, für das Überleben notwendiges Verhalten. In Experimenten kann es nicht immer leicht unterdrückt werden. In "matching" - und "oddity" - Versuchen von Urcuioli & Nevin (1975) und Urcuioli (1977) transferierten Tauben gut, wenn Picken als Reaktion gefordert war. Der Transfer war in den Bedingungen unvollkommen, in denen die Tiere das Picken unterdrücken mußten. Unabhängig von der Aufgabe pickten Tauben eher, als daß sie diese Reaktion unterdrückten.

In den Untersuchungen dieser Arbeit sollen Tauben gleiche und ungleiche Reizpaare anzeigen, indem sie auf eine von zwei Wahlscheiben reagieren. Weiterhin soll ein geeignetes Verfahren entwickelt werden, das die relationale Beziehung deutlich herausstellt. Dies soll nicht nur wie bisher über spezielle Techniken versucht werden. Zusätzlich soll die künstliche Situation im Versuch naturnäher gestaltet werden. Dem wurde in den bisherigen Untersuchungen keine Rechnung getragen. Die Untersuchungen zu Lernbegrenzungen zeigen aber, daß Tiere nicht alle denkbaren Kontingenzen lernen können. Beliebige Reize können nicht mit beliebigen Reaktionen verknüpft werden (Breland & Breland, 1961; Garcia & Koelling, 1966; Seligman, 1970). Jedes Tier lernt leicht in biologisch bedeutsamen Kontexten, so daß es überleben und sich reproduzieren kann. Dazu ist es ausgestattet mit bestimmten sensorischen, informationsverarbeitenden und motorischen Möglichkeiten (Timberlake, 1984). Diesen biologischen Voraussetzungen muß ein Experiment gerecht werden. Wenn es nicht gelingt, den natürlichen Kontext eines Tieres möglichst optimal in der artifiziellen Situation des Versuchs abzubilden, zeigen negative Befunde Grenzen in der Lernkapazität nicht sicher an.

2. Gleich- Ungleichunterscheidungen bei der Taube. Der Einfluß des Herausstellens der Gleich- Ungleich- beziehung

2.1. Einleitung

Blough (1985) untersuchte die Diskrimination eines jeden Buchstaben des Alphabets gegen jeden der anderen 25 Buchstaben. Dabei wurde der richtige Buchstabe jeweils zusammen mit zwei identischen gezeigt. Die Tiere hätten eine relationale Strategie anwenden können, um richtig zu unterscheiden. Sie mußten jeweils den ungleichen Reiz wählen. Auf diese Weise hätten sie die Aufgabe schnell und ökonomisch lösen können. Aber die Tauben setzten die Ungleichregel nicht ein. Sie wählten bei jedem neuen Buchstaben anfangs zufällig. Sie lernten demnach separat die einzelnen Buchstaben.

Wie bereits andere Studien vorher zeigt auch diese Arbeit wieder, daß Tauben im Experiment ein Gleich- Ungleichkonzept nicht spontan einsetzen. Ein solches Verhalten kann nicht als Indiz für kognitive Begrenzungen bei Tauben gewertet werden, denn es kann durch die verwendete Methode verursacht sein. Daß Tauben nicht über ein solches universelles Konzept verfügen, ist nur schwer vorstellbar. In ihrem natürlichen Lebensraum müssen sie sicherlich Unterscheidungen nach gleich und ungleich fällen. Wenn die Tiere im Experiment eine solche Unterscheidung nicht einsetzen, haben sie möglicherweise die relationale Beziehung nicht erkannt. Viele Untersuchungen, die ein Konzept nicht nachweisen konnten, sind aus diesem Grund kritisiert worden (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974; Wilson, Mackintosh & Boakes, 1985 a,b).

Im folgenden Experiment soll deshalb mit speziellen Strategien versucht werden, die Gleich- Ungleichbeziehung deutlicher hervorzuheben. Dadurch soll die Aufmerksamkeit der Tiere auf die zwischen den Reizen bestehende Relation gelenkt werden, so daß sie die Unterscheidung nach gleich und ungleich lernen können. Im Gegensatz zu den bisherigen

Untersuchungen sollen pro Sitzung nicht zur Hälfte gleiche und ungleiche Reizpaare gezeigt werden. Im folgenden Experiment soll sich eine Sitzung zu 75% aus gleichen und zu 25% aus ungleichen Paarungen zusammensetzen. Die Tiere sollen ihre Wahl als gleich oder ungleich dadurch anzeigen, daß sie eine linke oder rechte Pickscheibe betätigen. Verschiedene Paarungen erscheinen in den Sitzungen des folgenden Experiments sehr selten, identische Paarungen erscheinen sehr häufig. Die zwei Paarungen treten in einem unausgewogenen Verhältnis zueinander auf. Bei beiden sind unterschiedliche Wahlreaktionen gefordert. Somit sollte die Gleich- Ungleichbeziehung deutlicher heraustreten als in den herkömmlichen Untersuchungen, die jeweils zur Hälfte aus gleichen und ungleichen Paarungen bestehen. Die Tiere sollten die relationale Beziehung somit leichter erkennen, so daß sie die Unterscheidung nach gleich und ungleich lernen können.

Die Gleich- Ungleichbeziehung soll nicht nur durch ein unausgewogenes Verhältnis der beiden möglichen Paarungen herausgestellt werden. Identische und verschiedene Reizpaare sollen zusätzlich noch dadurch unterscheidbar gemacht werden, daß auf richtige Wahlen bei den zwei Aufgabentypen unterschiedliche Konsequenzen folgen. Auch dies sollte die Tiere die relationale Beziehung leicht erkennen lassen, so daß sie die Gleich- Ungleichunterscheidung lernen können. Richtige Wahlen bei gleichen Reizpaaren führen nicht unmittelbar zu Futter. Sie werden mit der Präsentation des nächsten Reizpaars verstärkt. Sie erhöhen somit die Wahrscheinlichkeit, Futter zu erlangen. Unmittelbare Futterverstärkung haben nur richtige Wahlen bei den ungleichen Paarungen zur Folge. Weil Futterbelohnung ein äußerst selten auftretendes Ereignis in einer Sitzung ist, sollten die Tiere in diesem Experiment die zu diskriminierenden Reize genau betrachten. Die Tauben sollten somit stets aufmerksam sein, damit sie richtig wählen. Ansonsten wird die seltene Futterverstärkung durch falsche Reaktionen hinausgezögert. Somit sollte die zwischen den Reizen bestehende Gleich- Ungleichrelation für die

Tauben deutlich werden. Sie sollten die Gleich-Ungleichbeziehung erkennen und die geforderte Unterscheidung lernen.

Es gibt mehrere Hinweise darauf, daß Diskriminationen leichter gelernt werden, wenn auf unterschiedliche Reaktionen unterschiedliche und nicht gleiche Konsequenzen folgen (siehe Peterson, 1984 zur Übersicht). Der Effekt wurde ursprünglich von Trapold (1970) beschrieben. Ratten mußten in Abhängigkeit von zwei akustischen Reizen einen linken oder rechten Hebel drücken. Sie lernten die konditionale Diskrimination schneller, wenn sie für die richtige Reaktion auf einen Hebel mit Futter und für die richtige Reaktion auf einen anderen Hebel mit Wasser verstärkt wurden, als eine Gruppe, die für beide Reaktionen gleich belohnt wurde (entweder nur mit Futter oder nur mit Zuckerlösung).

Brodigan & Peterson (1976) fanden diesen Effekt auch bei Tauben, die für richtige Reaktionen auf zwei verschiedene Reizsituationen differentiell mit Futter und Wasser verstärkt wurden. Sie zeigten bessere Leistungen als solche Tiere, die in beiden Bedingungen gleich häufig mit Futter und Wasser verstärkt wurden.

Auch unter Verwendung von differentiellen Konsequenzen wie sofortige vs. verzögerte Verstärkung (Carlson & Wielkiewicz, 1972), Futter- und Tonverstärkung vs. Tonrückmeldung (Peterson, Wheeler & Trapold, 1980), unterschiedlich große Futtergaben (Carlson & Wielkiewicz, 1976) sowie unterschiedliche Körnergaben (Edwards, Jagielo, Zentall & Hogan, 1982) wurde der Effekt beschrieben.

Die relationale Beziehung soll nicht nur durch das unausgewogene Verhältnis von gleichen und ungleichen Reizpaaren und der differentiellen Verstärkung herausgehoben werden. Sie soll auch dadurch verdeutlicht werden, daß die Tiere zu relationalen Unterscheidungen gezwungen werden. Auf diese Weise soll ebenfalls versucht werden, ihre Aufmerksamkeit auf die Gleich- Ungleichbeziehung zu lenken. In fast allen bisherigen Untersuchungen lernten Tauben die Unterscheidung anhand weniger Beispiele, bei denen die

Reizpaarungen sich nicht änderten. Es ist durchaus möglich, daß die relationale Beziehung nicht erkannt wird. Für die Tiere liegt es nahe, die sich häufig wiederholenden Reizpaare mit den richtigen Reaktionen auswendigzulernen. Tauben verfügen über ein ausgedehntes und stabiles Gedächtnis. Sie können nicht nur wenige sondern eine Vielzahl von Reizpaaren mit der richtigen Reaktion abspeichern und in Erinnerung behalten. Sie können dies ohne weiteres leisten, selbst wenn sich die Reize nur in minimalen Details unterscheiden (Greene, 1983). Für die Untersuchung von Greene (1983) waren unterschiedliche Szenen in Cambridge (USA) aufgenommen worden. Jede Szene war im Sekundenabstand dreimal hintereinander photographiert worden, so daß sich die Bilder in minimalen Details wie z.B. dem Ausmaß eines geworfenen Schattens unterschieden. Die drei ähnlichen Bilder wurden in die Gruppen "nicht wiederholt positiv", "erste Präsentation positiv" und "wiederholt negativ" eingeordnet. In einer Sitzung wurden Bilder nur beim erstmaligen Erscheinen belohnt. Picker auf wiederholte Bilder blieben unverstärkt. Die Tauben hätten also um die Aufgabe lösen zu können, nur erkennen müssen, ob die Bilder erstmalig oder wiederholt gezeigt wurden. Später im Experiment wurden die erstmalig gezeigten Bilder an den Stellen gezeigt, an denen sonst die wiederholten Bilder erschienen und umgekehrt. Dadurch sollte geprüft werden, welche Strategie die Tiere anwendeten. Die Tiere diskriminierten in diesen Testsitzungen schlechter als früher. Sie hatten demnach nicht aufgrund des "Wiederholungskonzepts" sondern aufgrund der minimalen Unterschiede zwischen den Bildern diskriminiert. Sie hatten die Beispiele einzeln auswendiggelernt.

Tauben können visuelle Reize selbst dann erfolgreich diskriminieren, wenn sie sich nur in winzigen Merkmalen unterscheiden. In der Untersuchung von Greene (1983) zogen Tauben es sogar vor, aufgrund dieser feinen Hinweise anstatt aufgrund einer ökonomisch erscheinenden Regel (wiederholt vs. nicht wiederholt) zu diskriminieren. Reize und Reaktionen einzeln auswendigzulernen kann für Tauben eine

mögliche Strategie sein, um Diskriminationsaufgaben zu lösen. Die Strategie sollte in Gleich- Ungleichuntersuchungen verhindert werden, da sie das Einsetzen von relationalen Unterscheidungen vermutlich erschwert. Deshalb sollen die Tauben die Gleich- Ungleichunterscheidung anhand einer Vielzahl von Reizen lernen. Aus vielen Reizen können mehr Paarungen hergestellt werden als aus wenigen. Wenn ihre Anzahl groß genug ist, sollte das Gedächtnis überlastet sein (Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984). Die Tauben sollten nur mit Schwierigkeiten die Aufgaben auswendiglernen können. Dadurch sollte eine Unterscheidung nach gleich und ungleich begünstigt werden. Zusätzlich wird durch das Unterscheiden von vielen Reizpaaren die relationale Beziehung eher deutlich als bei wenigen.

Die große Kollektion von Reizen, anhand derer die Tiere trainiert werden, soll während des Trainings langsam aufgebaut werden. Wenn die Tiere die Trainingsreize richtig diskriminieren, sollen in Tests neue Reize eingeführt werden. Dadurch werden die Tiere an neue Reize gewöhnt. Tauben sind durch die Neuigkeit von unbekannten Reizen häufig irritiert. Sie diskriminieren deshalb neue Testreize häufig schlechter als die alten Trainingsreize (Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984; Santiago & Wright, 1984). Wenn Tauben innerhalb eines Experiments häufig mit neuen Reizen konfrontiert werden, sollte diese Neophobie nach einigen Tests verschwinden. Im günstigsten Fall sollten sich die Wahlen bei neuen und bekannten Reizen nicht unterscheiden. Durch diese Methode wird nicht nur der Transfer sondern auch die relationale Regel weitergehend eingeübt, da zusätzliche Möglichkeiten für die Paarungen von Reizen entstehen. Bei den ungleichen Paarungen können zusätzlich die Paarungen verändert werden. Reiz A kann in einer Sitzung mit Reiz B, in anderen Sitzungen kann er mit allen anderen möglichen Reizen kombiniert erscheinen. Wenn sich die ungleichen Paarungen stets ändern und bereits gezeigte Paarungen sich über mehrere Sitzungen nicht wiederholen, können die Tiere nicht auswendiglernen. Sie müssen Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen, um überzufällige richtige Wahlen zu

erzielen. Eine andere Strategie sollte nicht zum Erfolg führen.

Das folgende Experiment soll prüfen, ob die erläuterte Methode zur überzeugenden Anwendung von Gleich- Ungleichkonzepten bei Tauben führt. Die Gleich- Ungleichbeziehung zwischen den Reizen soll deutlich herausgehoben werden. 75% der Beispiele einer Sitzung bestehen aus gleichen, die restlichen 25% aus ungleichen Reizen. Richtige Reaktionen auf gleiche Paare führen zur Präsentation eines neuen Reizpaars. Richtige Reaktionen auf ungleiche Paare führen zu Futterverstärkung. In diesem Experiment soll die relationale Beziehung nicht nur deutlich herausgestellt werden, so daß die Tiere die zwischen den Reizen bestehende Relation leicht erkennen können. Die Tauben sollen die Unterscheidung aufgrund der Gleich- Ungleichrelation zusätzlich einüben. Sie sollen deshalb eine große Anzahl von Beispielen unterscheiden, um das Auswendiglernen zu verhindern. Dazu soll die Kollektion benutzter Reize im Experiment durch eine Vielzahl von Tests vergrößert werden. Auf diese Weise können die Tiere zusätzlich an neue Reize gewöhnt werden.

2.2. Methode

Am Versuch nahmen neun Brieftauben aus örtlichen Züchtungen teil. Alle Tiere hatten Erfahrung mit Diskriminationsaufgaben (Lohmann, Delius, Hollard & Friesel, 1988; von Fersen, in Vorb.). Vor Beginn des Experiments hatten die Tiere einige Tage lang freien Zugang zu Futter. Dann wurde jede Taube an zwei aufeinanderfolgenden Tagen gewogen. Der Mittelwert beider Messungen galt als Normalgewicht. Anschließend wurde den Tieren so lange das Futter entzogen, bis sie auf 80% ihres Gewichts reduziert waren. Dieses Gewicht wurde während des gesamten Versuchs beibehalten. Wenn die Tiere das Deprivationsgewicht unterschritten, bekamen sie nach der Versuchssitzung Futter. Wasser war für die Tiere ständig vorhanden. Solange die Experimente andauerten, wurden die Tauben einzeln in Käfigen in besonderen Tierräumen gehalten. Die Räume wurden

jeden Tag für 14 Stunden mit Kunstlicht, das ein dem Tageslicht ähnliches Spektrum hat, beleuchtet. Die Raumtemperatur betrug 18 - 21° C.

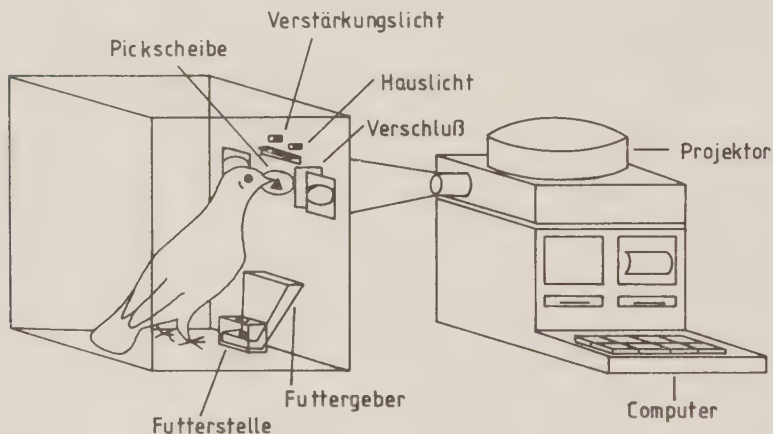


Abb. 4:

Schematische Darstellung der Konditionierungskammer mit Rechner und Projektor

Für das Experiment wurde eine 45 x 40 x 40 cm große konventionelle Skinnerbox benutzt. In ihre Arbeitswand waren drei Pickscheiben eingelassen (Abb. 4). Sie bestanden aus mattiertem Plexiglas und hatten einen Mikroschalter. Die im Durchmesser 25 mm großen Pickscheiben waren 29 cm oberhalb des Gitterbodens im Abstand von 5 cm nebeneinander angeordnet. Die linke Pickscheibe wurde im Versuch nicht verwendet. Picker auf sie führten zu keinerlei Konsequenzen. Nur auf der mittleren und rechten Pickscheibe erschienen mittels eines automatischen Projektors die Reize. Unterschiedliche Muster waren dazu mit schwarzer Tinte auf Papier aufgetragen worden (Abb. 5). Sie konnten Ähnlichkeit mit natürlichen und künstlichen Gegenständen unserer Umgebung wie Zahlen, Buchstaben, Blumen, einem Schmetterling, einem

Training

Tests

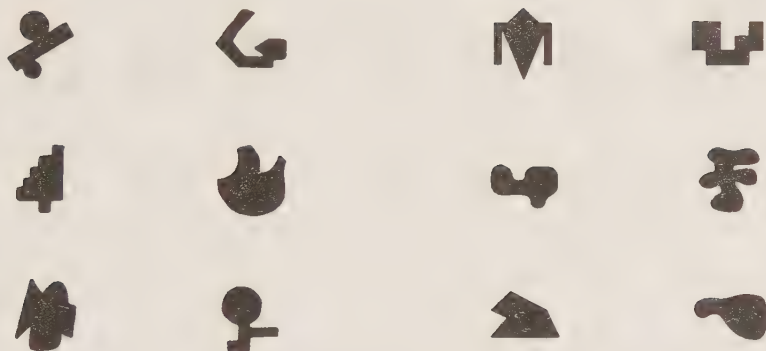


Abb. 5:

Beispiele der Reize, die in den verschiedenen Phasen des Experiments verwendet wurden.

Pilz haben. Aus diesen Bildern wurden verkleinerte Negative hergestellt und auf besondere Diarahmen geklebt. Auf den Pickscheiben erschienen sie als weiße 10 mm große Reize auf schwarzem Grund. Ihre Präsentation wurde durch zwei elektromagnetische Verschlüsse kontrolliert, die hinter den Pickscheiben montiert waren. Jeder Diarahmen war mit Kodierlöchern versehen, die entweder frei oder abgeklebt waren (Abb. 6). Ihr Zustand wurde von den Photozellen des Projektors gelesen und an den Rechner übermittelt. Aufgrund dieser Informationen erkannte das Programm die unterschiedlichen Reizpaarungen. Es zeichnete diese wie auch die Picker der Tauben auf. Zusätzlich steuerte es die Abläufe während einer Sitzung. Es kontrollierte neben den beschriebenen Vorgängen auch die Belohnung und Bestrafung. Bei Bestrafung verlöschte das Hauslicht, das ansonsten während der gesamten Sitzung die Skinnerbox beleuchtete. Das Hauslicht war ebenso wie das Verstärkerlicht ein Birnchen von 50 mA und 24 V. Beide Birnchen waren 8 cm oberhalb der mittleren



Abb. 6:

Darstellung der verwendeten Diarahmen. Die Abbildung zeigt ein gleiches und ein ungleiches Reizpaar, so wie es dem Tier in der Skinnerbox präsentiert wurde. Die linken Öffnungen für die Bildnegative waren stets mit lichtundurchlässiger Folie abgeklebt, weil die äußerste linke Pickscheibe im Experiment nicht benutzt wurde. Das Negativmuster hinter der mittleren Öffnung erschien als Musterreiz, das rechte Negativ als Vergleichsreiz. Gleiche Reizpaare erkannte der Rechner dadurch, daß das rechte Kodierloch des Diarahmens abgeklebt war. Bei ungleichen Reizpaaren war es frei. Testreize wurden durch das Abkleben der linken Kodieröffnung kenntlich gemacht. Das Ende einer Sitzung erkannte das Computerprogramm daran, daß in einem Diarahmen das mittlere Kodierloch zugeklebt war.

Pickscheibe befestigt. Darunter war eine Leiste angebracht, welche die Tiere vor Blendung schützte. Bei Belohnung leuchtete das Verstärkerlicht auf. Zusätzlich wurde Futter angeboten. Auf dem Gitterboden unterhalb der mittleren Pickscheibe war ein 8,5 x 6,5 cm großer Behälter platziert. Er hatte eine 3 cm große sich nach unten verjüngende Öffnung. Hinter dieser Öffnung erschienen als Belohnung mittels eines elektromagnetischen Hebers gemischte Körner. Die in jedem Durchgang gemessenen Reaktionen der Tauben

wurden am Ende der Sitzung über einen Drucker ausgegeben.

Zu Beginn des Versuchs wurden die Tiere an die Skinnerbox gewöhnt. Auf der linken und rechten Pickscheibe erschienen zwei identische Reize. Nach 3 Sekunden endete die Projektion und für 3 Sekunden wurde Futter angeboten. Nach einem Intervall von 9 Sekunden wurde das gleiche Reizpaar erneut projiziert. Eine Sitzung bestand aus 20 solcher Durchgänge. Während der Sitzung beleuchtete das Hauslicht die Skinnerbox. Ein Zähler registrierte die Picker, die auf die Reize abgegeben wurden. Nach fünf Sitzungen reagierten alle Tiere stabil auf die Reize. Die Tiere konnten nun auf das Gleich- Ungleichexperiment hingeführt werden.

Zu Beginn eines Durchgangs wurde das Hauslicht eingeschaltet und der Musterreiz erschien auf der mittleren Pickscheibe. Picker auf diesen Reiz (in anfänglichen Sitzungen einer, in späteren acht Picker) führten zur unmittelbaren, zusätzlichen Projektion eines Vergleichsreizes auf der rechten Pickscheibe. Dieser Reiz war entweder mit dem Musterreiz identisch oder davon verschieden. Wenn zwei ungleiche Reize erschienen, führten acht Reaktionen auf den Vergleichsreiz zu Verstärkung. 5 Sekunden lang wurde Futter geboten. Während dieser Zeit leuchtete das Verstärkungslicht auf. Die Pickscheiben waren nicht beleuchtet. Falls das Tier in dieser Bedingung erneut auf den Musterreiz reagiert hatte, wurde es bestraft. Die Projektion der Reize endete und das Hauslicht war 5 Sekunden lang ausgeschaltet. Nach 6 (in früheren Sitzungen 2 Sekunden) erschienen die beiden Reize in der oben beschriebenen Weise erneut. Die Taube hatte nun Gelegenheit richtig auf das Reizpaar zu reagieren. Wenn sie erneut auf den Musterreiz reagierte, wurde sie erneut bestraft. Erst wenn das Tier richtig diskriminiert hatte, wurde die nächste Reizpaarung projiziert (Abb. 7).

Wenn zwei identische Reize als Muster- und Vergleichsreiz erschienen, wurden Reaktionen auf den Vergleichsreiz in der oben beschriebenen Weise bestraft. Wenn in dieser Bedingung der Musterreiz erneut gepickt wurde, endete die Projektion der Reize. Nach 6 Sekunden wurde das nächste Reizpaar präsentiert. Die richtige Reaktion auf gleiche Reizpaare

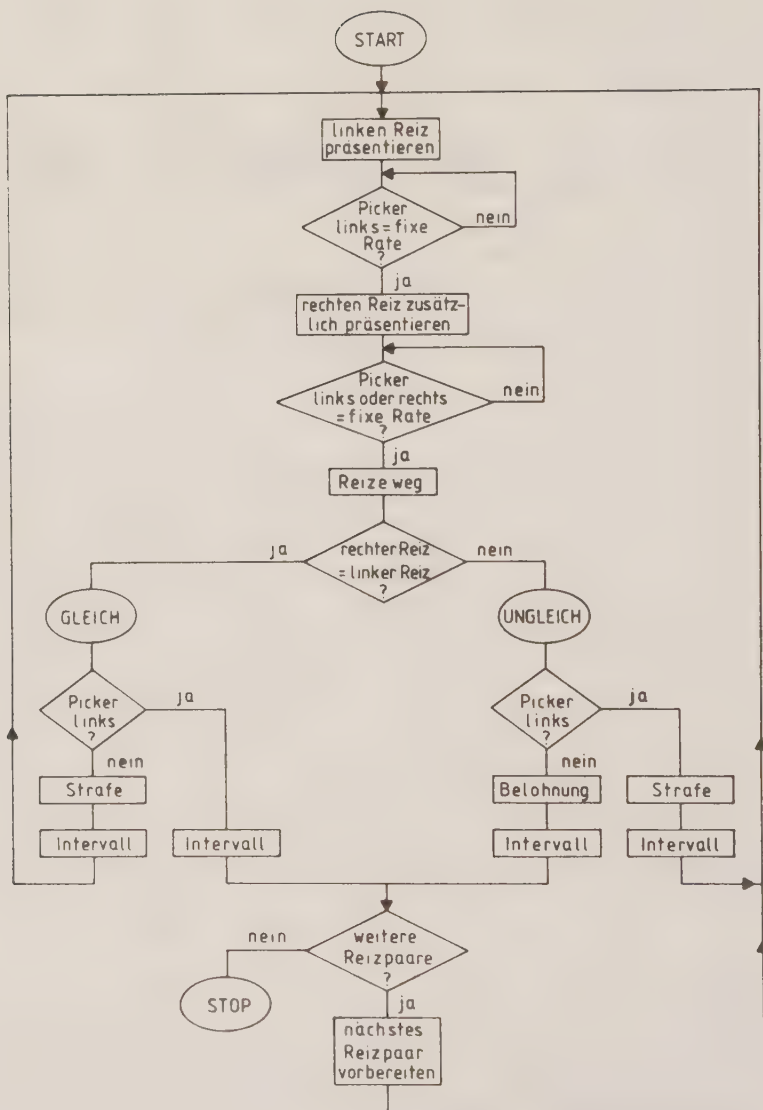


Abb. 7:

Flußdiagramm zur Veranschaulichung des Sitzungsablaufs

führte nicht zu Verstärkung wie bei den ungleichen Paarungen, sondern zur Projektion des nächsten Reizpaars (advance-key procedure siehe Honig, 1978).

Zu Beginn wurden die Tiere 15 Sitzungen lang auf den besonderen Versuchsablauf hingeführt. In diesen Sitzungen wurden die Tiere schrittweise mit den Trainingsreizen vertraut gemacht. Zu Beginn wurden 4 identische und 4 ungleiche Reizpaare viermal gezeigt. Eine Sitzung bestand aus 32 Durchgängen. Nach 7 Sitzung wurde die Anzahl der Reize erhöht, die die Tiere diskriminieren mußten. Zu den anfänglichen Reizpaaren kamen neue hinzu. Die Anzahl der Durchgänge wurde auf 40 erhöht. Ab der dreizehnten Sitzung wurde schrittweise das Verhältnis der gleichen und ungleichen Paare zueinander verändert. Bisher erschienen pro Sitzung 20 gleiche und 20 ungleiche Paarungen. Die Anzahl gleicher Reizpaare wurde auf 30 erhöht, die ungleichen wurden auf 10 verringert.

Mit dem geplanten Experiment konnte nun begonnen werden. In den folgenden Trainingssitzungen erschienen die 15 eingeführten Reize in der folgenden Weise auf den Pickscheiben. Jedes identische Reizpaar wurde zweimal gezeigt. Die ungleichen Paare wurden aus diesen 15 Reizen zusammengestellt. Jeder der 15 Reize konnte in dieser Bedingung sowohl als Musterreiz wie als Vergleichsreiz erscheinen. Die Paarungen wurden nach Zufall zusammengestellt und wechselten von Sitzung zu Sitzung. In jeweils fünf aufeinanderfolgenden Sitzungen wiederholten sich Paarungen nicht. Die Abfolge der gleichen und ungleichen Reizpaare wurde vom Zufall bestimmt. Die Sitzungen fanden täglich an fünf Tagen in der Woche statt. Nach zwanzig Sitzungen wurde eine Taube, die nicht regelmäßig auf die Pickscheiben reagierte, aus dem Versuch herausgenommen.

In die Auswertung gingen nur die Wahlen der fairen, nicht die der Korrekturdurchgänge ein. Die Ergebnisse wurden in ein Koordinatensystem eingetragen (Abb. 8). Die richtigen Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paaren bildeten die X- und Y- Achsen. Sie konnten von 0% bis 100% eingezeichnet werden. Die in einer Sitzung gemessenen Leistungen bei der

Diskrimination der gleichen und ungleichen Reizpaare wurden gegeneinander aufgetragen. Durch dieses Quadrat wurde eine Gerade gezogen. Sie verlief durch die beiden Punkte, die an den Achsen die Wahlen von 25% darstellten. Sie unterteilte das Quadrat so, daß 72% des Flächeninhalts unterhalb der Geraden lag. Wenn die Leistungen einer Sitzung bei den gleichen und ungleichen Paaren gegeneinander aufgetragen oberhalb der Geraden lagen, hatten die Tiere mit ca. 70% richtigen Wahlen diskriminiert. Wenn sie unterhalb der Geraden lagen, diskriminierten die Tiere in weniger als 70% der Fälle richtig. Die Ergebnisse wurden auf diese Weise dargestellt, weil jede Sitzung zu 75% aus gleichen und zu 25% aus ungleichen Reizpaaren bestand. Zufällige Wahlen waren somit nicht bei 50% sondern bei 75% und 25% angesiedelt. Durch den Eintrag in das Koordinatensystem konnte leicht festgestellt werden, ob die Tiere oberhalb des Kriteriums diskriminierten. Das war eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung von Tests. Sobald die Tiere in drei Sitzungen oberhalb der Kriteriumsgeraden diskriminierten, wurden Testreize in die Trainingsreize eingestreut. Beginnend mit dem ersten Test erhöhte sich die Anzahl der Durchgänge von 40 auf 48. Von nun an wurden 36 gleiche und 12 ungleiche Paare auf die Pickscheiben projiziert. 12 dieser Paarungen waren Testpaarungen. Im Test erschienen 9 neue Reize in jeweils zweifacher Ausführung als Gleichpaare. Aus diesen Reizen wurden nach Zufall die Reize für die ungleichen Paare bestimmt. Bei zwei Ungleichpaaren setzten sich sowohl Muster- wie Vergleichsreize aus neuen Reizen zusammen. Das dritte Paar bestand aus einem bekannten Reiz kombiniert mit einem neuen. Abwechselnd von Test zu Test erschien der neue Reiz als Muster- oder als Vergleichsreiz. Die erstmaligen Wahlen bei diesen neuen Reizen wurden als Transfer erhoben. Die Wahlen wurden belohnt und bestraft. Nach dem Test wurden die neun neuen Reize in jeder folgenden Trainingssitzung präsentiert. Die neun gleichen Paare erschienen in jeder Sitzung. Bei den Ungleichpaaren erschienen vom Zufall bestimmte Kombinationen aus diesen Reizen. Zwei Reizpaare wurden ausschließlich aus

neuen Reizen gebildet. Bei der neu-alt Paarung erschien abwechselnd in jeder Sitzung ein neuer Reiz als Musterreiz und ein alter Trainingsreiz als Vergleichsreiz. In der nächsten Sitzung war es umgekehrt. Die Reize des letzten Tests wurden so lange gezeigt, bis die Tiere die Paarungen oberhalb des Kriteriums diskriminierten. Dann wurden in einer Testsitzung erneut 12 Testpaare bestehend aus neun neuen Reizen in der beschriebenen Weise eingeführt. Die neuen Reize des vorherigen Tests gingen in die Kollektion der Trainingsreize über. Sie erschienen fortan, wenn der Zufall dies bestimmte.

Während des Experiments zeigte sich, daß die Tiere erhebliche Schwierigkeiten beim Erlernen der Aufgabe hatten. Sie entwickelten die Marotte, unabhängig von den experimentellen Bedingungen hauptsächlich auf den Vergleichsreiz zu reagieren. Deshalb wurde ab der 33. Sitzung der Ablauf des Versuchs geändert. Das Intervall zwischen den Durchgängen wurde auf 8 Sekunden erhöht. Das Standardintervall von 5 Sekunden als Strafe für falsche Reaktionen wurde aufgegeben. Die Tiere wurden nun für falsche Wahlen bei gleichen und ungleichen Paaren unterschiedlich bestraft. Damit sollte dem stark ausgeprägten Positionseffekt entgegengewirkt werden. Fehler bei gleichen Paaren wurden mit einer Auszeit von 12 Sekunden bestraft. Bei ungleichen Paaren betrug sie nur 3 Sekunden. Zusätzlich wurden Dunkelblitze zur Rückmeldung eingeführt. Bei jeder falschen Reaktion verdunkelte sich die Versuchskammer. Anfangs betrug die Dunkelzeit 1 Sekunde. Diese Zeit wurde graduell verkürzt, wenn die Tiere überzufällig richtig wählten. Von Zeit zu Zeit wurden die Dunkelblitze ausgeblendet, um das echte Wahlverhalten zu prüfen. Wenn die Tiere dann oberhalb des Kriteriums diskriminierten, wurde eine Testsitzung durchgeführt. Ansonsten wurden falsche Wahlen durch die Dunkelblitze weiter angezeigt. Nach 40 Sitzungen wurde die Dauer der Dunkelblitze innerhalb von 4 Sitzungen in größeren Abständen verringert und schließlich ausgeblendet. In drei weiteren Sitzungen wurde geprüft, ob die Tiere oberhalb des

Kriteriums diskriminierten.

2.3. Ergebnisse

Für jedes Tier wurden die prozentualen richtigen Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paaren einer Sitzung errechnet. Die Leistung wurde sowohl für alle Reizpaare als auch gesondert für die Testpaare erhoben. Daraus wurden die durchschnittlichen Leistungen getrennt für gleiche und ungleiche Paare für die Trainings- und Testsitzungen errechnet. Abbildung 8 zeigt die richtigen Wahlen, die in den Sitzungen ohne Dunkelblitze erhoben wurden. Die durchschnittlichen Wahlen einer Sitzung bei gleichen und ungleichen Paaren wurden gegeneinander in das Koordinaten-

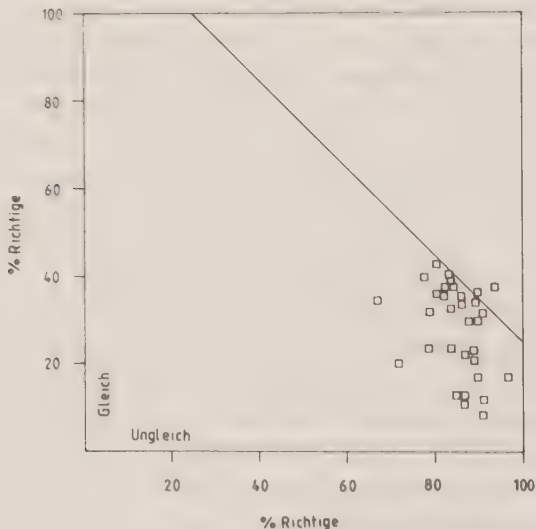


Abb. 8:

Durchschnittliche richtige Wahlen aller Tiere während der ersten Phase des Trainings. Jeder Punkt im Koordinatensystem stellt den Mittelwert einer Sitzung dar. Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen wurden gegeneinander aufgetragen.

system eingetragen. Jeder Punkt stellt den Mittelwert über alle Tiere in einer Sitzung dar. Die Tauben zeigten bei den ungleichen Paaren hohe richtige Wahlen. Bei den gleichen Paarungen erzielten sie nur sehr wenige richtige Wahlen. Nur zwei Punkte liegen oberhalb der Kriteriumsgeraden. Auch hier wählten die Tiere in ähnlicher Weise.

In Abbildung 9 sind die durchschnittlichen richtigen Wahlen nach Einführung der Dunkelblitze aufgeführt. Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paaren wurden gegeneinander in das Koordinatensystem eingetragen. Jeder

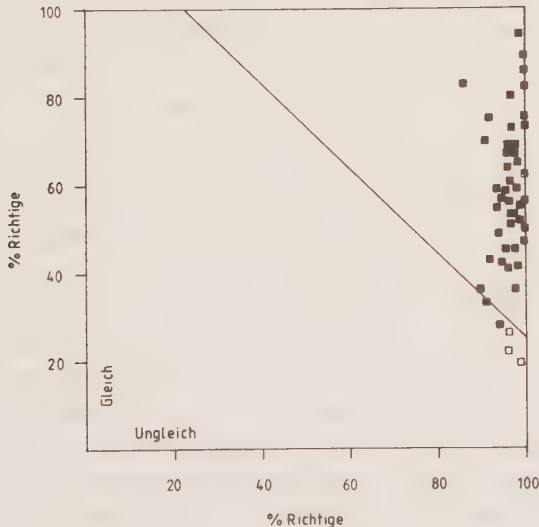


Abb. 9:

Mittelwerte der richtigen Wahlen von allen Tieren der zweiten Phase des Trainings, in der Dunkelblitze zur Reaktionsrückmeldung eingeführt worden waren. Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren wurden gegeneinander in das Koordinatensystem eingetragen. Jeder Punkt stellt den Mittelwert einer Sitzung dar. Die schwarzen Kästchen markieren die Sitzungen mit Dunkelblitzen zur Reaktionsrückmeldung. Die weißen Kästchen stehen für die Sitzungen nach dem Ausblenden der Dunkelblitze.

Punkt stellt den Mittelwert über alle Tiere innerhalb einer Sitzung dar. In diese Berechnungen wurden die Sitzungen ohne Dunkelblitze nicht aufgenommen. Die drei nicht ausgefüllten Kästchen im Punkteschwarm wurden als Mittelwert nach der abrupten Ausblendung der Dunkelblitze errechnet. Verglichen mit der Phase ohne Dunkelblitze haben die Tiere deutlich anders gewählt. Mit der Ausnahme eines Punktes liegt der Punkteschwarm oberhalb der Kriteriumsgeraden. Der Punkt direkt unter der Kriteriumslinie ist der Mittelwert aus der letzten Sitzung während des abrupten Ausblendens der Dunkelblitze. Geblieben ist die Bevorzugung der Vergleichspickscheibe. Die Tiere wählten bei den ungleichen Paaren meist zwischen 90% - 100% Richtigen. Die richtigen Wahlen bei den gleichen Paaren streuten zwischen ca. 40% - 95% Richtigen. Trotz der eindeutigen Rückmeldung durch die Dunkelblitze blieb die eindeutige Vorliebe für die rechte Pickscheibe. Die Tiere lernten nicht, bei den gleichen Reizpaaren so gut zu diskriminieren wie bei den ungleichen. Deutlicher tritt der Positionseffekt nach dem Ausblenden der Dunkelblitze wieder in Erscheinung. Die Leistung verschlechterte sich sofort wieder erheblich. Die Tiere wählten wieder unterhalb der Kriteriumsgeraden. Auch die deutliche Bevorzugung der Vergleichspickscheibe ist geblieben. Bei den ungleichen Paaren diskriminierten die Tiere überzufällig richtig, bei den gleichen Paaren wählten sie mit ca. 20% Richtigen weit unter Zufall.

Die Leistungen bei den Testpaaren zeigt Abbildung 10. Sie ergeben sich aus den durchschnittlichen Wahlen aller Tauben, die am Test teilgenommen haben. Der erste Test beinhaltet die Wahlen von acht Tieren, am zweiten Test nahmen vier Tiere teil. Die unterschiedlichen Tests bei den ungleichen Paaren wurden zusammen verrechnet, da die Leistungen sich nicht unterschieden. Der Block für die ungleichen Paare enthält somit die Wahlen aus zwei Paarungen mit neuen Reizen sowie einer Paarung, die aus einem neuen sowie einem alten Reiz bestand. Auch im Test reagierten die Tiere überzufällig richtig bei den ungleichen Paaren und weit unter Zufall bei den gleichen. Die Testwahlen resultieren aus der deutlichen

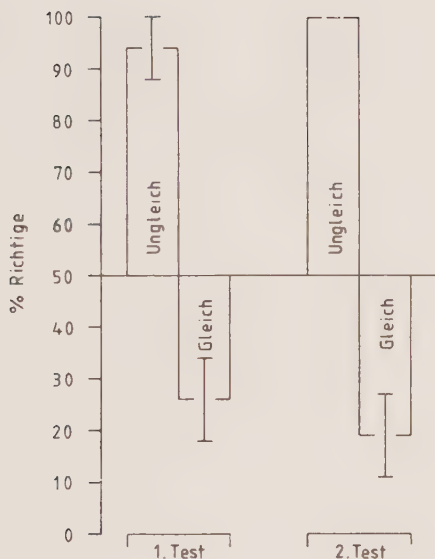


Abb. 10:

Durchschnittliche richtige Wahlen mit Standardfehler bei den gleichen und ungleichen Testpaaren. Am ersten Test nahmen acht Tauben teil, beim zweiten Test waren es vier.

Bevorzugung der rechten Pickscheibe. Die Tiere diskriminierten nicht oberhalb des Kriteriums. In das Koordinatensystem eingetragen würden die Wahlen unterhalb der Kriteriumsgeraden liegen.

Die Ergebnisse zeigten deutlich, daß die Tiere nicht diskriminierten. Deshalb wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet.

2.4. Diskussion

Diese Untersuchung konnte nicht nachweisen, daß Tauben ein Gleich- Ungleichkonzept einsetzen können. Es wurde versucht, die relationale Beziehung für die Tiere deutlich herauszustellen. Zum einen standen in einer Sitzung 36 gleiche

Paarungen 12 ungleichen gegenüber. Zum anderen wurden richtige Reaktionen bei identischen Reizen mit der Präsentation des nächsten Durchgangs belohnt. Richtige Wahlen bei ungleichen Reizen wurden mit Futter belohnt. Auf diese Weise wurden die Gleich- und Ungleichpaare deutlich voneinander unterscheidbar gemacht. Aber die Tiere wendeten keine relationale Unterscheidung an. In allen Phasen des Experiments wählten sie bei den ungleichen Reizpaaren außerordentlich häufig richtig. Diese hohen richtigen Wahlen waren auf Kosten der Wahlen bei den gleichen Paarungen entstanden. Bei den gleichen Paarungen wählten die Tiere in allen Phasen des Experiments wegen einer Seitenpräferenz unter dem nominellen Zufall. In der ersten Phase des Trainings ohne Dunkelblitze wählten die Tiere bei ungleichen Reizen zu 85% richtig, bei gleichen Reizen nur zu ca. 30%. Die gleiche Tendenz zeigen auch die Wahlen in der Trainingsphase mit Dunkelblitzen. 95% Richtige bei den ungleichen Paarungen standen ca. 60% Richtigen bei den gleichen Paarungen gegenüber. Die richtigen Wahlen bei den identischen Reizen hatten sich im Vergleich zum anfänglichen Training deutlich erhöht, aber sie erreichten auch hier nicht die Werte der ungleichen Wahlen. Wenn gleiche Reize gezeigt wurden, mußten die Tiere als richtige Wahl mehrfach die linke Pickscheibe betätigen. Auf die erste falsche Wahl der rechten Pickscheibe folgte unmittelbar ein Dunkelblitz. Wenn die Tiere als Reaktion darauf die andere Pickscheibe wählten, bevor die fixe Rate erreicht war, wurde der Durchgang als richtig gewertet. Durch diese Hilfe konnten die Tauben die richtigen Wahlen bei den gleichen Paarungen steigern. Die Wahlen nach dem Ausblenden der Blitze zeigen dies deutlich. Die Tiere reagierten wie in der ersten Phase des Trainings zu ca. 95% richtig bei ungleichen und zu ca. 20% richtig bei identischen Reizen. Die Tiere diskriminierten in den zwei Phasen des Trainings nicht. Somit ist nicht verwunderlich, daß sie auch in den zwei Tests nicht überzufällig wählten. Die richtigen Wahlen sind ähnlich denen, die im Training ohne die Rückmeldung durch Dunkelblitze gezeigt wurden.

Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen sind über alle Phasen des Trainings wie in den Tests ähnlich. Die Tiere wählten höchst unvollkommen bei den gleichen und nahezu perfekt bei den ungleichen Paarungen. Dieses Wahlverhalten resultiert aus einer deutlichen Bevorzugung der rechten Pickscheibe. Solche Bevorzugungen für Pickscheiben sind nicht ungewöhnlich bei Diskriminationsaufgaben (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974). Sie treten häufig zu Beginn eines Experiments auf und verschwinden, wenn die Tiere ihre Lernleistungen verbessern. Letzteres gelang in dem hier beschriebenen Experiment nicht. Auffällig ist, daß die Präferenz für die rechte Pickscheibe so eindeutig ist. Die durchschnittlichen richtigen Wahlen bei den ungleichen Reizpaaren übertrafen bei weitem die bei den gleichen. In diesen Wahlen kommt deshalb wohl keine reine Seitenpräferenz zum Ausdruck, wie sie häufig entsteht, bevor die Tiere eine Diskrimination gelernt haben. Die Bevorzugung für die rechte Pickscheibe ist vermutlich entstanden, weil ihre Betätigung in einigen Fällen zur Präsentation von Futter geführt hat. Das Anbieten von Futter war für die Tiere ein seltenes Ereignis. Es kam nur in einem Viertel der Durchgänge vor. Jedes Mal wenn Futter präsentiert wurde, war vorher die rechte Pickscheibe gewählt worden. Deshalb wurde vermutlich die Aufmerksamkeit der Tiere auf die rechte Pickscheibe gelenkt. Sie bevorzugten sie deshalb so klar im Vergleich zur linken Pickscheibe.

Unverständlich ist, daß die Tiere die wenigen Gleichpaare nicht mit der Betätigung der linken Pickscheibe verbinden konnten. Anfangs wurden pro Sitzung 15 identische Paarungen zweimal gezeigt. Ab dem ersten Test wurden 24, ab dem zweiten Test 33 identische Reizpaare projiziert, die sich in einer Sitzung teilweise wiederholten. Die Untersuchungen von Vaughan & Greene (1984) und von Fersen (in Vorb.) haben nachgewiesen, daß Tauben eine außerordentlich große Anzahl von Reizen im Gedächtnis abspeichern können. Die Tiere hätten deshalb die wenigen Gleichpaare leicht auswendiglernen müssen. Daß sie die Aufgabe nicht lernten, weil sie die Reize nicht beachtet haben, erscheint unwahrscheinlich.

Innerhalb eines jeden Durchgangs mußten sie mehrfach auf die Muster- und Vergleichsreize reagieren. Wahrscheinlich ist, daß Tauben Probleme der untersuchten Art auf diese Weise nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten lernen können. Vielleicht können sie nicht lernen, wenn als Belohnung für eine richtige Wahl ein neues Reizpaar präsentiert wird. Vielleicht können sie leichter lernen, wenn richtige Wahlen bei beiden Reizpaarungen gleichwertig mit Futter verstärkt werden. Alle richtigen Wahlen sollen deshalb fortan mit Futter verstärkt werden. Richtiges Betätigen der linken Pickscheibe soll genauso häufig mit Futter belohnt werden wie das der rechten Pickscheibe. Deshalb sollen in jeder Sitzung nun gleich viele identische und ungleiche Reizpaare erscheinen. Bevorzugungen einer Pickscheibe, weil sie allein oder häufiger zu Verstärkung mit Futter führt, sollen dadurch verhindert werden. Dazu soll schrittweise das Verhältnis von gleichen zu ungleichen Paaren von 36 : 12 auf 24 : 24 verändert werden.

2.5. Methode II

Zu Beginn eines Durchgangs wurde das Hauslicht eingeschaltet und der Musterreiz erschien auf der mittleren Pickscheibe. 15 Picker auf diesen Reiz führten zur Projektion eines Vergleichsreizes auf der rechten Pickscheibe, der entweder mit dem Musterreiz identisch oder von ihm verschieden war. Wenn zwei identische Reize erschienen, wurden Picker auf die linke Pickscheibe verstärkt. Die Projektion der Reize endete. Ein Verstärkungslicht leuchtete auf und die Tiere erhielten für 3 Sekunden Zugang zu Futter. Nach 6 Sekunden begann der nächste Durchgang (Durchgangsintervall). Das Intervall erhöhte sich nach 15 Sitzungen auf 10 Sekunden. Ab der 76. Sitzung verringerte es sich wieder auf 8 Sekunden. Falls die Tiere nach der Projektion eines gleichen Reizpaars die rechte Pickscheibe wählten, wurden sie bestraft. Weder die Reize noch das Hauslicht waren eingeschaltet. Nach dem Durchgangsintervall erschien das alte Reizpaar erneut auf

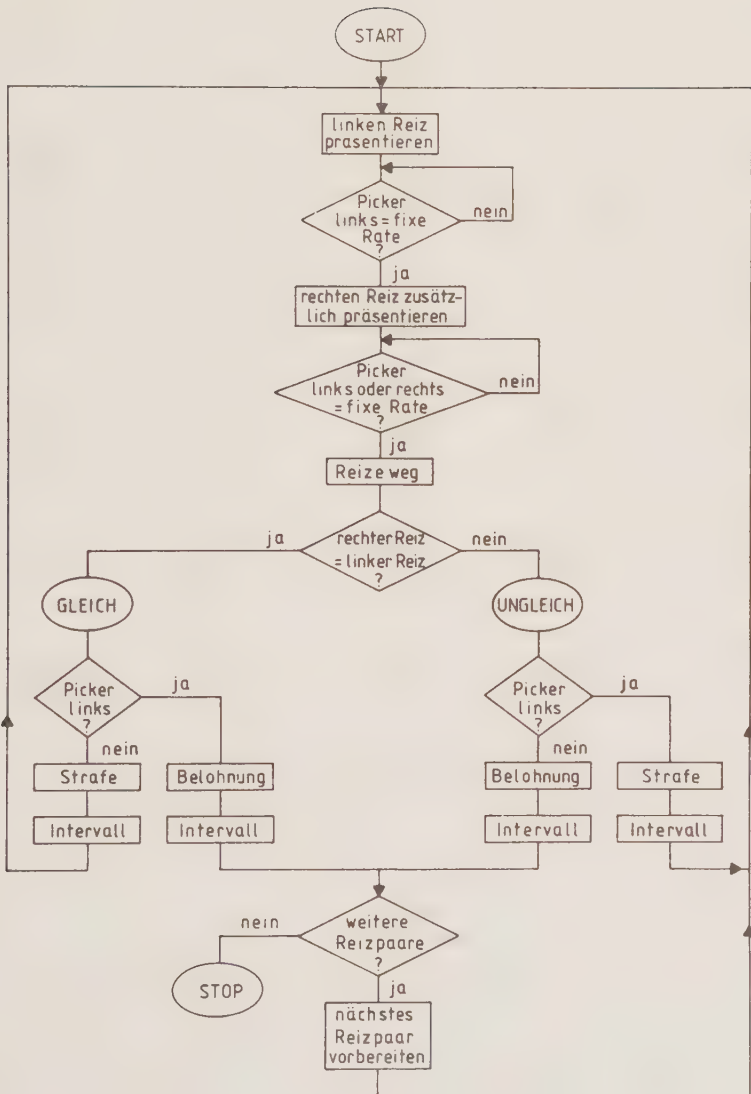


Abb. 11:

Flußdiagramm zur Veranschaulichung des Sitzungsablaufs

den Pickscheiben. Falsch diskriminierte Reizpaare wurden so lange wiederholt bis das Tier richtig diskriminierte. Wenn nach dem Picken des Musterreizes ein verschiedener Vergleichsreiz erschien, wurden Wahlen der rechten Pickscheibe mit Futter belohnt und Wahlen der linken Pickscheibe bestraft (Abb. 11). Die Bestrafungszeit dauerte normalerweise 3 Sekunden. Falls die Tiere Präferenzen für eine Pickscheibe zeigten, wurden sie bei falschen Reaktionen auf der bevorzugten Seite für eine längere Zeit bestraft.

Die in einer Trainingssitzung erscheinenden Reize wurden zufällig aus der Kollektion benutzter Reize ausgewählt. Pro Sitzung wurden 24 gleiche und 24 ungleiche Paare auf die Pickscheiben projiziert. Jeder Reiz konnte sowohl als gleiche Paarung wie in Kombination mit einem anderen Reiz als ungleiche Paarung erscheinen. In der ungleichen Paarung konnte der Reiz sowohl der Muster- als auch der Vergleichsreiz sein. Die ungleichen Paare wurden für jede Sitzung neu zusammengestellt. Im Gegensatz zu den gleichen Paaren wechselten die Kombinationen von Muster- und Vergleichsreiz bei den ungleichen Paaren ständig.

Die Abfolge gleicher und ungleicher Reizpaarungen innerhalb einer Sitzung wurde durch eine quasi-zufällige Sequenz bestimmt (Fellows, 1967). Höchstens drei gleiche bzw. ungleiche Reizpaare konnten aufeinander folgen.

Die Sitzungen bestanden aus 48 Durchgängen. Sie wurden an fünf Tagen in der Woche zweimal täglich durchgeführt.

Wenn die Tiere die Trainingspaare überzufällig richtig diskriminierten, wurden sie mit neuen Reizen getestet (Abb. 12). Für solche Testsitzungen gab es kein festes Kriterium. Zu Beginn des Versuchs war das Bestreben, neue Reize einzuführen. Die Kollektion der Trainingsreize sollte erhöht werden. Nicht so wichtig war, daß die Tiere außerordentlich gut diskriminiert hatten. Sie sollten jedoch die Paarungen der zuletzt eingeführten Testreize überzufällig richtig unterschieden haben. Anfangs wurden Tests gegeben, wenn die Tiere drei Sitzungen lang bei allen gezeigten Reizpaaren mit ca. 65% - 70% richtig gewählt hatten. Später wurde das Kriterium auf 75% - 80% richtige Wahlen erhöht. Eine

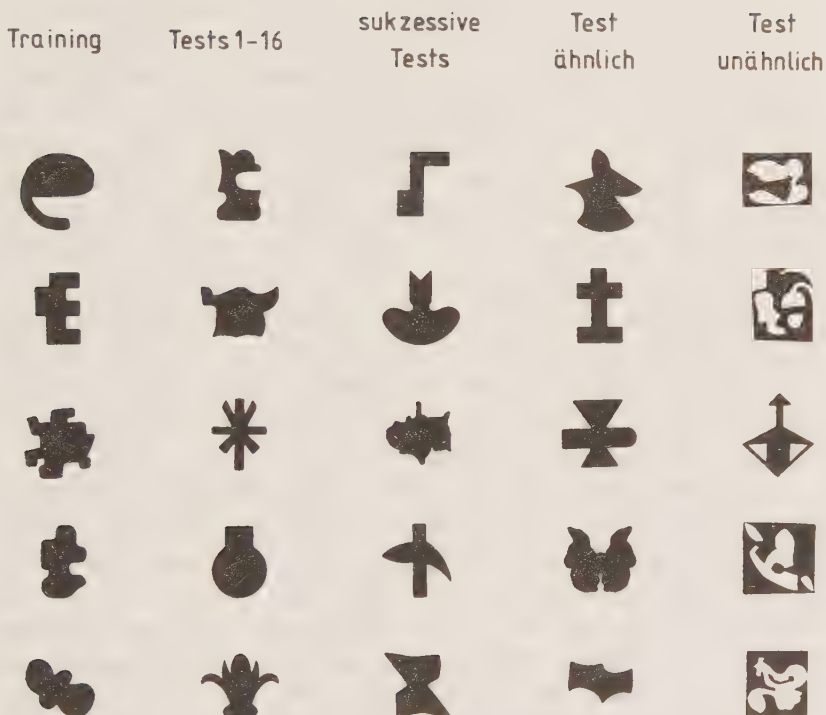


Abb. 12:

Beispiele der Reize, die in den verschiedenen Phasen des Experiments verwendet wurden.

Testsitzung bestand aus 36 Paarungen bekannter Trainingsreize. Sie setzten sich zur Hälfte aus gleichen und ungleichen Reizpaaren zusammen. Die restlichen 12 Paarungen waren Testpaare. Sie bestanden aus den Tauben unbekannten Reizen und wurden zufällig in die Trainingsreize eingestreut. Die neuen Reize erschienen als identische Duplikate als Gleichpaarung. Untereinander kombiniert bildeten sie die ungleichen Paarungen, wobei jeder neue Reiz sowohl als Muster- wie als Vergleichsreiz erschien. Pro Testsitzung wurden sechs gleiche und sechs ungleiche Paarungen auf die Pickscheiben projiziert. Die Reizpaare

wurden aus 6 neuen Reizen gebildet. Je nachdem ob die Tauben richtig oder falsch gewählt hatten, wurden sie für Reaktionen auf die neuen Reize belohnt bzw. bestraft. Die erstmaligen Wahlen wurden als Transferleistung gemessen. Danach gingen die Testreize in die Kollektion der Trainingsreize ein. Paarungen, die aus schon lange bekannten Trainingsreizen bestanden, wurden für jede Sitzung nach Zufall aus der Kollektion vorhandener Reize zusammengestellt. Sie wechselten von Sitzung zu Sitzung. Die neu dazugekommenen Reize wurden bis zu einem erneuten Test in jeder Sitzung gezeigt. Wie bei den alten Trainingspaarungen wurden die ungleichen Reizpaare für jede Sitzung neu zusammengestellt. Wenn die Tiere mit ihren Leistungen das Kriterium erreichten, wurden sie einem erneuten Test mit sechs neuen Reizen ausgesetzt.

Im Laufe des Versuchs stellte sich heraus, daß einige Tiere gut und andere schlecht diskriminierten. Deshalb wurden die Tauben ab der 51. Sitzung in drei Leistungsgruppen aufgeteilt. Für jede Gruppe wurde eine Kollektion mit allen bisher absolvierten Reizen zusammengestellt. Tests konnten somit separat für die drei Gruppen gegeben werden. Tiere, die überzufällig richtig diskriminierten, konnten sofort nach Erreichen des Kriteriums getestet werden. Der Test mußte nicht so lange hinausgezögert werden, bis auch die schlecht diskriminierenden Tiere ihre Leistung verbessert und das Kriterium erreicht hatten. Für die gut diskriminierenden Tiere konnte somit die Anzahl der Reize zügig vergrößert werden. Dies war wichtig. Das Ziel des Experiments war, Tauben auf eine große Anzahl von Reizen zu trainieren. Dadurch sollte verhindert werden, daß die Tiere die Aufgaben einzeln auswendiglernten. Außerdem sollte die Aufmerksamkeit der Tiere weg von den einzelnen Reizen hin zur Gleich- Ungleichrelation gelenkt werden. Wenn Tauben sehr viele und nicht nur einige wenige Reize diskriminieren müssen, sollte das Einsetzen einer universellen Regel begünstigt werden. Sobald ein Tier das Kriterium erreichte, wurde es deshalb mit neuen Reizen getestet, wodurch die Anzahl der Trainingsreize vergrößert

wurde. Innerhalb jeder einzelnen Gruppe wurde darauf geachtet, daß die Tiere gleich viele Tests absolvierten und somit die gleichen Trainingsreize hatten.

Während des Experiments zeigte sich, daß einige Tauben die gleichen Reizpaarungen im Training außerordentlich gut diskriminierten. Bei den ungleichen Reizpaarungen wählten sie dagegen häufig zufällig. Ein Problem bei diesem Experiment war, daß die geforderten Picker auf die linke und rechte Pickscheibe nicht ausgewogen waren. Die Tiere gaben während der Präsentation des Musterreizes alle Beobachtungsreaktionen auf die linke Scheibe. Bei den Wahlen mußten sie in der Hälfte der Durchgänge die linke, in der anderen Hälfte die rechte Pickscheibe betätigen. Deshalb wurde das Verhältnis gleicher und ungleicher Paarungen verändert. Die Tiere mußten nun häufiger als früher auf die rechte Pickscheibe reagieren. Die Diskrimination ungleicher Reize sollte dadurch verbessert werden. Ab der 110. Sitzung erschienen deshalb für diese Tauben nicht länger 24 gleiche und 24 ungleiche Reizpaare auf den Pickscheiben. Pro Sitzung gab es nun 29 ungleiche (60%) und 19 gleiche (40%) Paarungen. Nach 135 Sitzungen endete diese erste Testphase.

Sofort anschließend begann eine weitere Testphase. In zehn aufeinanderfolgenden Sitzungen erschienen in jeder Sitzung Testreize. Jede Sitzung beinhaltete sechs gleiche und sechs ungleiche Testpaare, die sich aus sechs neuen Reizen zusammensetzten. Die Testpaare waren zwischen die Trainingspaarungen eingestreut. Richtige und falsche Wahlen bei diesen neuen Reizen wurden belohnt bzw. bestraft. Deshalb wurden nur die erstmaligen Wahlen bei diesen Reizen als Transferleistung gemessen. Unmittelbar nach dem Test gingen die neuen Reize in die Kollektion der Trainingsreize über. Sie konnten bereits eine Sitzung später neben den neuen Testpaaren als Trainingsreize erscheinen.

In einer weiteren Testsitzung waren sämtliche Reize für die Tauben neu. Aus 72 unbekannten Reizen wurden 48 Testpaarungen gebildet. 24 waren gleich und 24 waren ungleich. Die gleichen Reizpaare bestanden aus 24 neuen Reizen in jeweils zweifacher Ausfertigung. Die ungleichen

Reizpaare setzten sich aus 48 davon verschiedenen Reizen zusammen. 24 neue Reize erschienen als Musterreize, 24 andere neue Reize erschienen als Vergleichsreize. Die Wahlen bei allen Testpaarungen wurden, je nachdem ob sie richtig oder falsch waren, belohnt und bestraft. Sie wurden als Transferleistung gemessen.

Die letzte Testsitzung war ähnlich wie die vorherige. 24 neue Reize bildeten die gleichen Testpaare. Die ungleichen Testpaare setzten sich aus 24 neuen Musterreizen und 24 neuen Vergleichsreizen zusammen. Insgesamt gab es in diesem Test 72 für die Tiere unbekannte, untereinander verschiedene Muster. Die bisher verwendeten Reize waren einheitliche weiße Muster auf schwarzem Grund gewesen. Die letzte Testsitzung bestand aus komplexen, von den bisherigen deutlich abweichenden Reizen. Es waren weiße, mit schwarzen und weißen Einschlüssen durchbrochene Muster auf schwarzem Grund (Abb. 12).

2.6. Ergebnisse

Die Leistungen jeder Taube bei jeder Sitzung wurden als Prozentsatz richtiger Wahlen ausgedruckt. Getrennt für die gleichen und ungleichen Paarungen wurden die Wahlen separat für die Test- und Trainingspaare wie auch für alle Reizpaare aufgeführt. Daraus wurden die durchschnittlichen Wahlen für jede Sitzung errechnet. Wahlen, die aufgrund des veränderten Anteils von gleichen und ungleichen Paarungen nicht auf einer Zufallswahrscheinlichkeit von 50% beruhten, wurden für die Auswertung korrigiert. Wahlen von 40% und 60% bei gleichen und ungleichen Paarungen bildeten dann die Zufallswahrscheinlichkeit.

Die durchschnittlichen Wahlen bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren einer Sitzung während der ersten Testphase zeigt Abbildung 13. Aufgeführt sind die ersten zehn Sitzungen, sowie die letzten fünf Sitzungen vor jedem Test, die Testsitzung und mit Ausnahme des letzten Tests die folgenden vier Sitzungen. Insgesamt wurde der Transfer des Gleich- Ungleichkonzepts in sechzehn Tests erhoben. An den



Abb. 13:

Durchschnittliche richtige Wahlen bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren. Aufgeföhrt sind die ersten 10 Sitzungen zu Beginn des Experiments, sowie die 5 Sitzungen vor einem Test, die Testsitzung und mit Ausnahme des 16. Tests die folgenden 4 Sitzungen. Die gemittelten Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen in den Tests wurden separat aufgeföhrt. Die Mittelwerte basieren auf den Ergebnissen der Sitzungen, an denen teilgenommen haben.

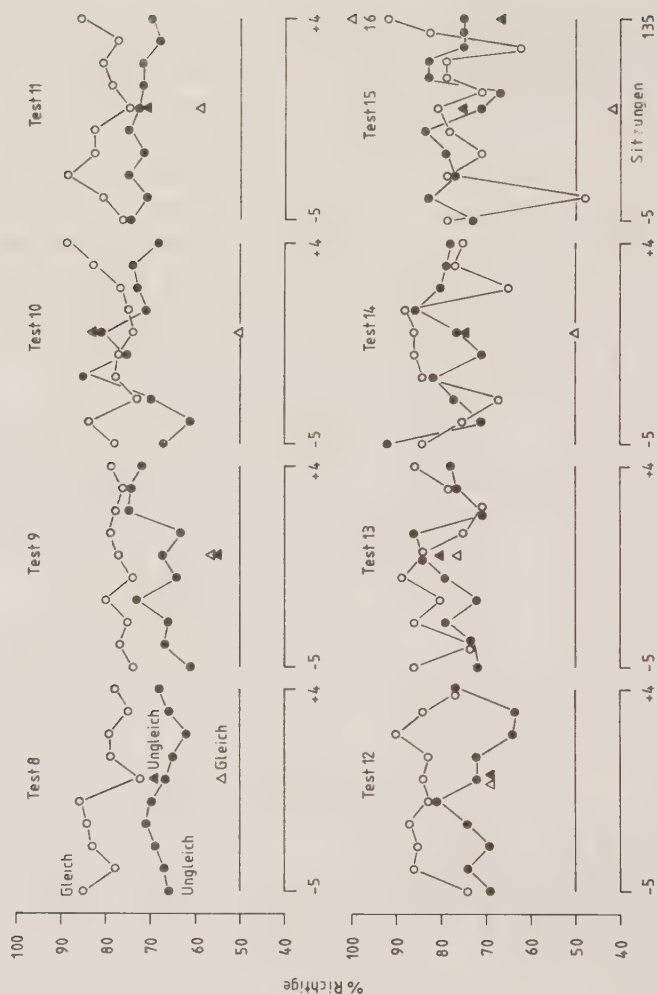


Abb. 13:

Durchschnittliche richtige Wahlen bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren. Aufgeführt sind die ersten 10 Sitzungen zu Beginn des Experiments, sowie die 5 Sitzungen vor einem Test, die Testsitzung und mit Ausnahme des 16. Tests die folgenden 4 Sitzungen. Die gemittelten Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen in den Tests wurden separat aufgeführt. Die Mittelwerte basieren auf den Ergebnissen aller Tiere, die an den Sitzungen teilgenommen haben.

ersten acht Tests nahmen alle acht Tauben teil. Beim neunten bis zwölften Test waren es nur noch fünf, beim dreizehnten vier Tiere. Am vierzehnten und fünfzehnten nahmen zwei Tiere und am sechzehnten Test nur noch eine Taube teil. Die Tiere diskriminierten anfangs bei den gleichen Paarungen deutlich besser und gleichmäßiger als bei den ungleichen Paarungen. Bereits zu Beginn wählten sie zu 80% richtig. Mit geringen Schwankungen wählten die Tiere während der gesamten ersten Testphase ähnlich gut. Auch durch die Einführung von Testpaaren wurde die Diskrimination weder in der Testsitzung selbst noch in den darauffolgenden Sitzungen sonderlich beeinträchtigt. Die ungleichen Paare diskriminierten die Tiere zu Beginn des Experiments deutlich schlechter als die gleichen Paare. Die richtigen Wahlen glichen sich erst gegen Ende der ersten Testphase an die gleichen Wahlen an. Wie bei den gleichen Paaren verschlechterte sich die Diskrimination durch die Testreize nicht besonders.

Neben der Diskrimination aller Reizpaare zeigt Abbildung 13 separat die Wahlen für die gleichen und ungleichen Testpaarungen. Die Wahlen bei den gleichen Testreizen schwankten erheblich. Sie streuten von 42% bis 100% Richtigen und verbesserten sich über die Tests hinweg nicht. Die Tiere diskriminierten bereits in den ersten sechs Tests überzufällig. Allerdings folgten dann mehrere Tests besonders auch gegen Ende dieser ersten Testphase, in denen die Tiere nur zufällig wählten. Deutlich anders reagierten die Tiere auf die ungleichen Paarungen. In den ersten beiden Tests wählten sie zufällig. Bereits ab dem dritten Test unterschieden sie deutlich überzufällig. Nur beim neunten Test sanken die Wahlen erneut in die Nähe des Zufalls, ansonsten diskriminierten die Tiere beständig darüber. Die Tiere wählten nicht so schwankend wie bei den gleichen Reizpaaren. Die Wahlen streuten von 44% bis 83% Richtigen.

Die durchschnittlichen Wahlen der sechzehn Testsitzungen sind in Abbildung 14 für die Test- und Trainingsreize getrennt nach gleichen und ungleichen Paarungen aufgeführt. Die Tiere unterschieden die Testpaare deutlich überzufällig. Die gleichen und ungleichen Reizpaarungen unterschieden sie

mit ca. 65% Richtigen ähnlich gut. Auch die Varianzanalyse für abhängige Messungen (Kirk, 1968) bestätigt, daß die Leistungen in beiden Tests sich nicht signifikant unterschieden ($F(1,105) = 0, p > .25$).

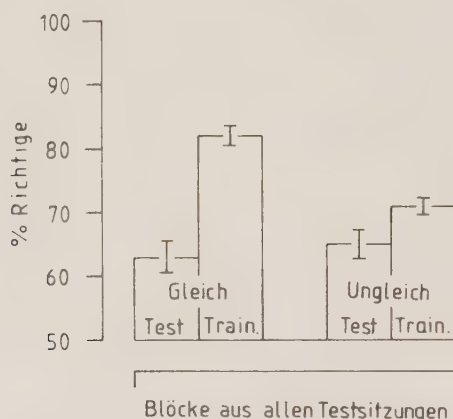


Abb. 14:

Mittelwerte und Standardfehler aus allen 16 Testsitzungen. Sie fußen auf den Ergebnissen von allen Tieren und allen Tests, an denen diese teilgenommen haben. Die durchschnittlichen richtigen Wahlen im Test und Training sind getrennt für die gleichen und ungleichen Reizpaare aufgeführt.

Die Wahlen bei den gleichen Paarungen im Test unterschieden sich deutlich von denen des Trainings. Die Tiere diskriminierten die neuen Reize nicht so gut wie die alten, bekannten Reize. Eine Varianzanalyse für abhängige Messungen (Kirk, 1968) bestätigt dies. Die Tiere wählten bei den gleichen Test- und Trainingspaarungen signifikant unterschiedlich ($F(1,105) = 49.29, p < .01$). Die ungleichen Paare diskriminierten die Tiere ähnlich gut unabhängig davon, ob sie Test- oder Trainingsreize unterscheiden mußten. Die durchschnittlichen Wahlen für beide Paarungen waren nicht besonders verschieden. Auch die Varianzanalyse konnte keine signifikanten Unterschiede bestätigen ($F(1,105) = 2.46, p > .10$).

Nicht alle Tiere hatten an den sechzehn Tests teilgenommen. Deshalb konnten nicht die Test- und Trainingswahlen aller Testsitzungen gegeneinander geprüft werden. Die Varianzanalysen wurden deshalb über die letzten acht Tests eines jeden Tieres gerechnet. Abbildung 15 zeigt die durchschnittlichen Wahlen dieser Sitzungen für die Test- und Trainingspaarungen getrennt nach gleich und ungleich. Die Diskrimination der Reizpaare in diesen letzten Sitzungen unterscheidet sich kaum von der in allen sechzehn Testsitzungen (siehe Abb. 14). Somit konnten die Wahlen in den letzten acht Tests als repräsentativ für die Wahlen in allen Tests gelten und für statistische Prüfungen zugrundegelegt werden.

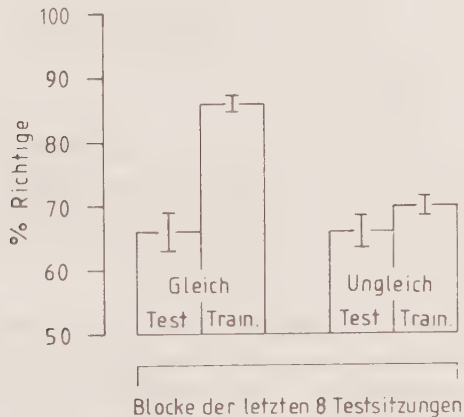


Abb. 15:

Mittelwerte und Standardfehler der letzten 8 Testsitzungen aller Tiere. Die durchschnittlichen richtigen Test- und Trainingswahlen sind für die gleichen und verschiedenen Reizpaare separat dargestellt.

In den sich anschließenden Tests waren die Bedingungen für die Tauben deutlich erschwert worden. In zehn aufeinanderfolgenden Sitzungen waren in jeder Sitzung Testpaarungen in die Trainingsreize eingestreut worden

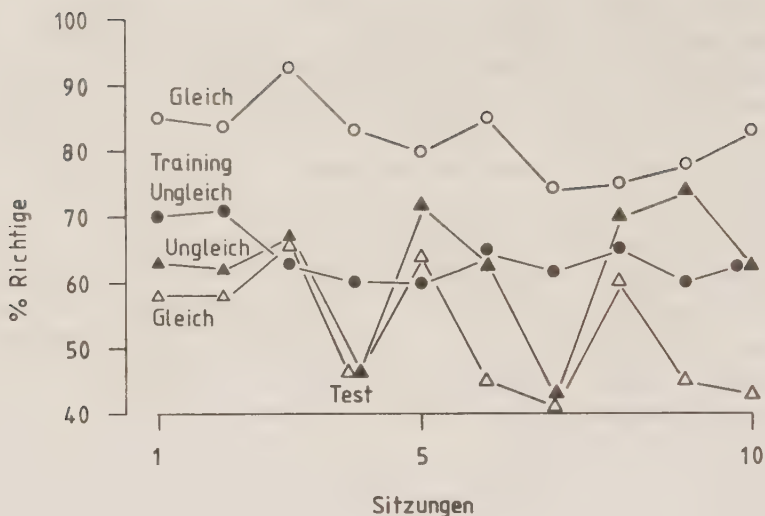


Abb. 16:

Mittelwerte aller Tiere in der Abfolge der sukzessiven Testsitzungen. Die durchschnittlichen Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen wurden für die Test- und Trainingsreize getrennt aufgeführt.

(Abb. 16). Die Tiere wurden somit vor einem Test nicht so lange trainiert, bis sie ein Kriterium erreicht hatten. Die Tiere diskriminierten die gleichen Trainingspaarungen deutlich über Zufall. Gegen Ende dieser Testphase verschlechterte sich die Unterscheidung geringfügig. Bei den gleichen Testpaaren wählten die Tiere wie in der ersten Testphase sehr uneinheitlich. Sie wählten häufig zufällig. Die Wahlen streuten zwischen 41% und 66% Richtigen. Bei den ungleichen Trainingspaaren unterschieden die Tauben während der zehn Sitzungen ziemlich stabil zwischen 60% und 70% Richtigen. Die Diskrimination im Training unterschied sich nicht besonders von der im Test. Die Tiere wählten nur in zwei Tests zufällig. Die durchschnittlichen Wahlen der zweiten Testphase zeigt Abbildung 17. Die Tiere diskriminierten in beiden Tests über Zufall. Bei den

gleichen Paaren wählten sie im Gegensatz zur ersten Testphase nur knapp überzufällig. Bei den ungleichen Paaren verschlechterte sich die Unterscheidung trotz der erschwerten Bedingungen nicht. Wie in der früheren Testphase wählten die Tiere bei den gleichen Paarungen im Test und Training signifikant unterschiedlich ($F(1,133) = 111.9$, $p < .01$). Bei der Diskrimination der ungleichen Paare ergab sich kein signifikanter Unterschied ($F(1,133) = 0.47$, $p > .25$).

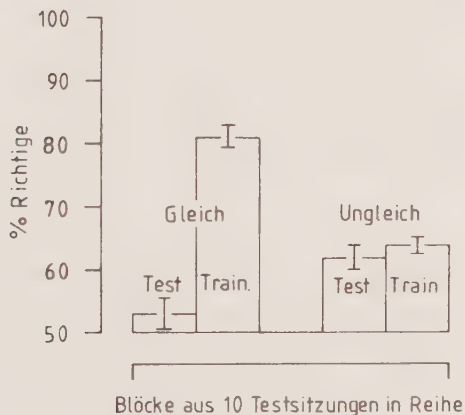


Abb. 17:

Mittelwerte und Standardfehler aller Tiere in 10 aufeinanderfolgenden Testsitzungen. Die Wahlen bei den Test- und Trainingssitzungen wurden getrennt für die gleichen und ungleichen Paarungen aufgeführt.

Abbildung 18 zeigt die durchschnittlichen Wahlen in den Tests, in denen sämtliche Reize neu und den früher verwendeten ähnlich waren. Die Tiere wählten bei den gleichen und ungleichen Paarungen über Zufall. Der statistische Test bestätigte allerdings bei den gleichen Testpaaren nicht, daß die Wahlen sich signifikant vom Zufall unterschieden ($t(7) = 0.12$, $p > .25$). Nur bei den ungleichen Paaren konnte ein signifikanter Unterschied abgesichert

werden ($t(7) = 6.59$, $p < .0005$ einseitig, T-Test nach der Student-Verteilung, Clauß & Ebner, 1977).

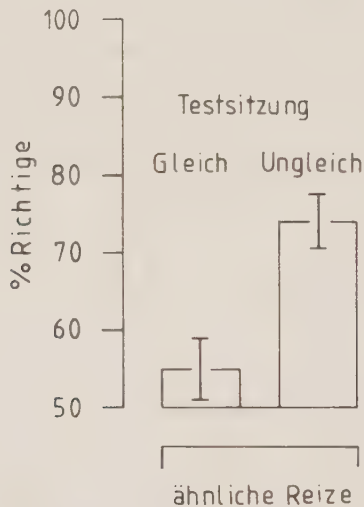


Abb. 18:

Mittelwerte und Standardfehler aller Tiere in der Testsitzung, die sämtlich aus neuen Reizen ähnlich den bisher verwendeten Test- und Trainingsreizen bestand. Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen wurden separat aufgetragen.

Abbildung 19 zeigt die durchschnittlichen Wahlen der Testsitzung mit neuartigen Reizen. Bei den gleichen sowie bei den ungleichen Paaren diskriminierten die Tiere deutlich überzufällig. Die statistische Analyse bestätigt einen signifikanten Unterschied vom Zufall ($t(7) = 2.48$, $p < .025$) für die gleichen Paarungen und für die ungleichen Paarungen ($t(7) = 3.39$, $p < .01$). Bei den gleichen wie den ungleichen Reizen wählten die Tiere sehr ähnlich. Auch die statistische Prüfung wies keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Testpaarungen nach ($T = 17,5$, $p > .10$, Wilcoxon-Test, Clauß & Ebner, 1977).

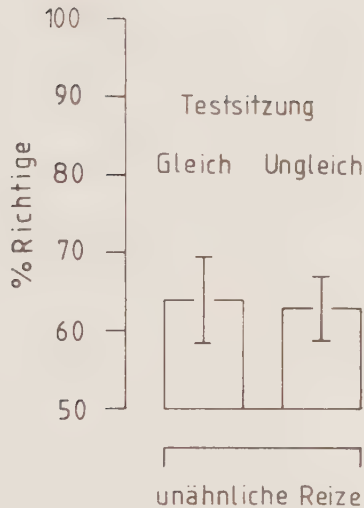


Abb. 19:

Mittelwerte und Standardfehler aller Tiere in der Testsitzung, in der neue Reize benutzt wurden, die unähnlich den bisher gezeigten waren. Die Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen wurden getrennt aufgeführt.

2.7. Diskussion

Die Tiere lernten, gleiche und ungleiche Reizpaare überzufällig zu diskriminieren, nachdem die Durchführung des Versuchs folgendermaßen geändert worden war: pro Sitzung erschienen eine gleiche Anzahl von gleichen und ungleichen Paarungen. Bei manchen Tieren wurden pro Sitzung mehr ungleiche als gleiche Paare präsentiert (60% zu 40%). Richtige Wahlen in beiden Bedingungen wurden mit Futter verstärkt. Die Unterscheidung nach gleich und ungleich blieb nicht auf die Trainingspaarungen beschränkt. Sie ging darüber hinaus. Die Tauben transferierten, wenn auch unvollkommen, auf die Testpaarungen. Sie wählten überzufällig richtig bei Testreizen, wenn sie ähnlich den bisher verwendeten Reizen, aber auch wenn sie von deutlich anderer

Art waren. Die Wahlen bei den ähnlichen Testreizen können durch Generalisierungen entstanden sein. Wenn die Tiere im Training die richtige Reaktion auf Reizpaare auswendiglernen konnten, können sie bei ähnlichen Testpaaren generalisieren. Um die Aufgaben zu lösen, müssen sie keine Gleich-Ungleichunterscheidung treffen. Dies kann bei den ähnlichen Testreizen besonders für die gleichen Paarungen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Dadurch daß im Experiment sehr verschiedene Reize verwendet wurden, sollten Generalisierungen möglichst verhindert werden. Die Testpaare des letzten Tests setzten sich aus Reizen von ganz anderer Art zusammen. Statt weißer Figuren auf schwarzem Grund, erschienen nun sehr komplexe Figuren mit schwarzen und weißen Einschlüssen. Diese Probleme konnten die Tiere aufgrund von Generalisierungen nicht lösen. Um über Zufall zu diskriminieren, mußten sie ein Gleich- Ungleichkonzept einsetzen. Aus den überzufällig richtigen Wahlen bei diesen gleichen und ungleichen Testpaaren muß deshalb geschlossen werden, daß Tauben ein solches Prinzip anwenden können. Da nur die ersten Wahlen als Transferleistung erhoben wurden, konnten die Tiere im Test selbst nicht lernen. Deshalb wird durch die Ergebnisse des letzten Tests ein Konzept in eindeutiger Weise demonstriert.

Die Tiere diskriminierten die gleichen und ungleichen Paarungen im Test und im Training deutlich unterschiedlich. Bei den ungleichen Testpaaren wählten sie zu Beginn der ersten Testphase zufällig. Die Wahlen verbesserten sich auf 60% später auf 70% Richtige. Diese Verbesserung war sicher dadurch verursacht, daß höhere richtige Wahlen im Training als Kriterium für die späteren Tests festgesetzt wurden. Die Tauben wählten dann überzufällig, unabhängig davon ob sie Test- oder Trainingsreize diskriminieren mußten. Bereits ab dem dritten Test unterschieden sich die Wahlen im Test und im Training nicht mehr besonders. Die Tiere transferierten perfekt auf die neuen Reize. Weder in der ersten noch in der zweiten Testserie waren die Diskriminationen im Test und Training signifikant unterschiedlich. Solch perfekter Transfer ist bisher bei Affen beschrieben worden (Robinson,

1955; Wright, Santiago & Sands, 1984). Tauben diskriminieren Testreize häufig schlechter als bekannte Trainingsreize. In der Untersuchung von Santiago & Wright (1984) erzielten Tauben 65% richtige Wahlen gemittelt über mehrere Tests. Die Ergebnisse für gleiche und ungleiche Wahlen waren zusammen verrechnet worden. Sie waren wesentlich niedriger als die Wahlen vor dem Test (80% bis 85% Richtige). Ähnliche Ergebnisse fanden Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) beim Transfer von "oddity" - Diskriminationen. Nur in einem Test wählten die Tauben ähnlich gut wie im Training. Die vergleichsweise perfekten ungleichen Testwahlen unserer Untersuchung sind sicher eine Folge des massiven Einübens der relationalen Unterscheidung. Die Tiere konnten die vielen ungleichen Paarungen mit großer Sicherheit nicht memorisieren. Der Versuch begann mit 33 Reizen. Sie ergaben 1056 Möglichkeiten der Kombination. Mit jedem Test kamen sechs neue Reize hinzu. Nach dem ersten Test bestanden 1482 Möglichkeiten der Paarung, nach dem sechzehnten waren es 16512. Bei jedem ungleichen Reizpaar mußten die Tiere deshalb eine relationale Unterscheidung anwenden, um richtig zu diskriminieren. Die Ungleichdiskrimination war somit sicher eingeübt. Warum konnten die Tiere perfekt auf die neuen Reize transferieren? Vielleicht waren die Tiere bereits nach zwei Tests adaptiert an Testreize. Die Neuigkeit von Reizen irritierte sie nicht länger und sie konnten im Test so gut wie bei den bekannten Trainingsreizen unterscheiden. Wahrscheinlicher ist, daß die Irritation durch neue Reize nicht zum Tragen kam. Durch die ständige Änderung der ungleichen Paarungen waren die neuen Reize vielleicht nicht sonderlich auffällig, so daß die Diskrimination nicht so erheblich gestört wurde.

Die Ergebnisse in den Ungleichtests zeigen, daß das Einüben relationaler Unterscheidungen und die Gewöhnung an Tests zu überzufälligen Wahlen bei Testreizen führt. Selbst als die Bedingungen in den weiteren Tests erschwert wurden, diskriminierten die Tiere weiter über Zufall. In der Testsitzung, die sämtlich aus neuen, ähnlichen Reizen bestand, verbesserten sich die Wahlen auf über 70% Richtige.

Diese Verbesserung kann aus dem massiven Einüben der relationalen Beziehung in den sukzessiven Tests verursacht sein. Weiteres Training hätte vermutlich zu höheren Wahlen sowohl bei den neuen als auch bei den bekannten Reizen geführt.

Die gleichen Reizpaare diskriminierten die Tiere deutlich anders als die ungleichen Reize. Wahlen als gleich mußten die Tiere durch die Betätigung der linken Pickscheibe anzeigen. Problematisch an diesem Experiment war sicher, daß die linke Scheibe häufiger betätigt werden mußte als die rechte. Alle Beobachtungsreaktionen auf den Musterreiz mußten auf die linke Scheibe abgegeben werden. Deshalb war im Verlauf des Versuchs für einige Tauben die Anzahl der ungleichen Reizpaare erhöht worden, so daß häufiger als vorher auf die rechte Scheibe reagiert werden mußte. Bereits zu Beginn des Experiments wählten die Tiere mit 80% Richtigen deutlich überzufällig. Diese frühzeitigen und beständigen hohen Wahlen deuten darauf hin, daß die Tauben auswendiggelernt haben. Vielleicht haben sie Reizkonfigurationen und richtige Reaktionen verknüpft. Oder sie haben wenn-dann Regeln angewendet, wie z.B. "wenn ein großer Punkt erscheint, bleibe bei diesem Punkt, wenn auch auf der anderen Pickscheibe ein großer Punkt erscheint". Die guten Leistungen im Training führten in der ersten Testserie im Mittel zu gleich hohen Testwahlen wie bei den ungleichen Paaren. Nicht nur ständiges Einüben relationaler Unterscheidungen, auch die Möglichkeit zu memorisieren kann zu überzufälligem Transfer auf neue Reize führen. Allerdings war die Diskrimination nicht so stabil wie in den Ungleichtests. Die Wahlen streuten zwischen 42% bis 100% Richtigen. Sie verbesserten sich über die Tests hinweg nicht. Zu Beginn wie gegen Ende der ersten Testserie diskriminierten die Tiere in manchen Tests zufällig. In anderen Tests wählten sie zu 70%, in einem Test zu 100% richtig. Die Tauben wendeten ein Gleichkonzept nicht durchgängig bei allen Testpaarungen an. Die Reizqualität muß die Wahlen in den Gleichtests beeinflusst haben. Manche Testpaare müssen die Tiere - aus welchen Gründen auch immer

- irritiert haben, so daß sie zufällig diskriminierten oder auf Positionseffekte verfielen. Positionseffekte sind nicht ungewöhnlich bei Untersuchungen zum relationalen Lernen. Sie treten sowohl beim Erlernen der Diskrimination als auch in den Transfertesten auf (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974). Sie sollten umso eher auftreten, je weniger stabil eingeübt eine Diskrimination ist. Diese Ergebnisse deuten erneut darauf hin, daß die Tiere bei den gleichen Paaren im Training nach Reiz- Reaktionsprinzipien unterschieden.

Die Ergebnisse der Gleichtests zeigen, daß Tiere im Test nicht stabil über Zufall diskriminieren, wenn sie Trainingspaarungen auswendiglernen können. Besonders bei den Tests unter erschwerten Bedingungen wird deutlich, daß die Tiere die Unterscheidung nicht zuverlässig einsetzen konnten. In den sukzessiven Tests und im Test, der aus neuen ähnlichen Reizen bestand, wählten sie zufällig. Anders diskriminierten sie im letzten Test. Sie wählten deutlich überzufällig, ähnlich gut wie bei den ungleichen Paaren. In den elf Testsitzungen der zwei früheren Tests war die Unterscheidung neuer Gleichpaare massiv eingeübt worden. Das kann zur Verbesserung im letzten Test geführt haben. Das Ergebnis ist ein weiteres Indiz dafür, daß das Einüben der relationalen Unterscheidung wichtig ist. Die Ergebnisse der Ungleichtests als auch die des letzten Gleichtests zeigen, daß Tauben Testreize überzufällig diskriminieren können, wenn sie im Training vorher die Unterscheidung einsetzen mußten.

Ein Problem bei vielen Gleich- Ungleichuntersuchungen ist, daß die richtigen Wahlen im Test nicht an die des Trainings heranreichen. Bekannte Reize werden häufig besser diskriminiert als neue (Santiago & Wright, 1984; Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984). In der Untersuchung von Santiago & Wright (1984) wählten die Tiere mit 65% Richtigen geringfügig über Zufall. Wenn Tauben ein Gleich- Ungleichkonzept anwenden können, sollten sie ähnlich gut wie im Training wählen. Wenn sie das Prinzip nicht einsetzen können, sollten sie zufällig wählen. Die Tauben

unterscheiden in den Tests häufig über Zufall aber nicht so gut wie im Training. Zentall, Hogan & Edwards (1984) vermuten, daß Konzeptlernen bei Tieren nicht nach einem Alles-oder-Nichts - Prinzip abläuft. Sie schlagen deshalb vor, die Wahlen im Test gegen Zufall und nicht gegen die Trainingswahlen zu prüfen, um den Konzeptnachweis zu führen.

Aber dies erscheint als voreiliger Schluß. Diese Ergebnisse können durchaus aus inadäquaten Methoden resultieren. Unsere Untersuchung zeigt, daß die angewendeten Methoden den Transfer des Gleich- Ungleichkonzepts beeinflussen. Die Gleichpaare des Trainings konnten die Tiere zu Beginn memorisieren. Die Methode hat zu überzufällig richtigen Wahlen in manchen Tests geführt. Allerdings war die Anwendung der Gleichregel in den Tests nicht stabil. Sie war sehr leicht störbar. Bei den Ungleichpaaren mußten die Tiere stets die relationale Regel einsetzen. Dies führte in allen Tests zum überzufälligem Transfer des Prinzips. In keinem Test unterschieden sich Transfer- und Trainingswahlen signifikant. Für die weitere Untersuchung des Gleich- Ungleichkonzepts erscheint die letzte Methode deshalb als das geeignete Verfahren. Die Tiere sollen gezwungen werden, relationale Regeln im Training stets einzusetzen. Wenn die Tiere nach dieser Methode die relationale Unterscheidung lernen, sollten sie ein Prinzip bei neuen Reizen überzufällig anwenden können. Leider diskriminierten sie die ungleichen Paarungen nicht sehr weit über Zufall. In einem nächsten Experiment soll versucht werden, diese Wahlen zu erhöhen. Die Durchführung des Versuchs soll noch besser an die Taube angepaßt werden. Sie soll den ökologischen Gegebenheiten gerechter werden, so daß die Tiere Gleich- Ungleichunterscheidungen leichter lernen können. Außerdem sollen die geforderten Pickraten für alle verwendeten Pickscheiben ausgewogen sein.

3. Der Einfluß ökologisch gerechterer Bedingungen auf Gleich- Ungleichunterscheidungen

3.1. Einleitung

Im letzten Experiment unterschieden sich für die Tauben die Bedingungen für das Erlernen von Gleich- und Ungleichdiskriminationen deutlich. Bei den ungleichen Reizpaaren mußten die Tiere stets eine relationale Unterscheidung treffen. Ansonsten konnten sie nicht überzufällig richtig wählen. Die Reizpaarungen wechselten beständig und konnten nicht auswendiggelernt werden. Das Ergebnis war, daß die Tiere die relationale Unterscheidung überzufällig richtig bei neuen Testreizen anwenden konnten. Sie diskriminierten die neuen Reize so gut wie die bekannten Trainingsreize. Mittels Varianzanalysen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die gleichen Paarungen wiederholten sich während des Versuchs ständig. Die Tiere konnten deshalb Reizpaar und richtige Reaktion durchaus auswendiglernen. Sie diskriminierten die gleichen Reizpaare im Training mit ca. 80% Richtigen wesentlich besser als die ungleichen. In den Tests wählten sie dagegen häufig zufällig. Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, daß Tauben relationale Unterscheidungen leichter auf neue Reize transferieren können, wenn sie diese Unterscheidung beständig auch im Training einsetzen mußten.

Im folgenden Versuch sollen die Tauben deshalb daran gehindert werden, gleiche oder ungleiche Reizpaare überhaupt auswendiglernen zu können. Die Paarungen sollten nur dann überzufällig richtig diskriminiert werden können, wenn stets Gleich- Ungleichunterscheidungen getroffen wurden. Wie im letzten Experiment sollten alle verwendeten Reize sowohl gleiche wie auch ungleiche Paarungen bilden. Für gleiche Reize ergeben sich zwangsläufig viel weniger Paarungen als für die ungleichen. Um das Auswendiglernen der gleichen Paarungen wirklich zu verhindern, müssen Tauben in einem Experiment außerordentlich viele unterschiedliche Reize gezeigt werden. Eine solch große Anzahl von untereinander

ganz verschiedenen Reizen zu erfinden, erscheint als nicht durchführbar. Der Heimcomputer, der den Versuch steuert, sollte deshalb die Reize erzeugen. Aus neun Kästchen zusammengesetzte Rechtecke werden die Reize des nächsten Versuchs sein. Die farbigen Rechtecke erscheinen auf schwarzem Grund. Bis auf die schwarze Farbe können die vom Rechner erzeugbaren Farben für die Reize verwendet werden. Die neun einzelnen Kästchen der Reize setzen sich dann maximal aus sieben verschiedenen Farben zusammen. Der Rechner ist in der Lage, 40 353 607 unterschiedliche Reize zu erzeugen. Die Anzahl von Reizpaarungen, die auf diese Weise hergestellt werden kann, ist somit unüberschaubar. Sie können von den Tieren mit Sicherheit nicht auswendiggelernt werden. Der Versuch kann so gestaltet werden, daß die Tiere Gleich- Ungleichregeln einsetzen müssen, um überzufällig richtig zu diskriminieren. Die relationale Beziehung zwischen den Reizen wird in jedem Durchgang deutlich für die Tiere herausgestellt. Ein solches Training sollte zum Einsetzen von Gleich- Ungleichunterscheidungen führen.

Mit diesem Experiment sollte nicht nur versucht werden, die relationale Beziehung für die Tiere deutlich herauszustellen. Zusätzlich sollte die Durchführung des Versuchs möglichst optimal an die Lern- und Verhaltensmöglichkeiten der Taube angepaßt werden. Die künstliche Situation im Experiment sollte ökologisch gerechter sein als im ersten Experiment. Wie schon erwähnt sollten die Tauben im nächsten Versuch nicht schwarz-weiße sondern farbige Reize diskriminieren. Tauben erleben ihre Umwelt farbig und nicht schwarz-weiß. Farbige Reize im Experiment müßten deshalb für sie bedeutungsvoller und interessanter sein als schwarz-weiße. Sie sollten deshalb bei farbigen Reize eher aufmerksam sein. Die genaue Betrachtung der Reize ist eine notwendige Voraussetzung dafür, daß die Tiere die relationale Beziehung erkennen. Wenn Tauben die Diskrimination anhand von Farb- und nicht von Musterreizen lernen, sollten sie Gleich- Ungleichunterscheidungen leichter einsetzen können. Daß Farbreize im Vergleich mit Musterreizen das Erlernen von Aufgaben erleichtern, ist in

zwei Wahl-nach-Muster-Experimenten bestätigt worden. Cumming & Berryman (1965) beschrieben, daß Tauben konditionale Diskriminationen schneller lernen, wenn sie Farben statt geometrischer Muster unterscheiden müssen. In einer Untersuchung von Farthing & Opuda (1974) lernten Tauben in 12,5 Sitzungen, Farben mit 80% richtigen Wahlen zu unterscheiden. Wenn die Tiere weiße Formen auf schwarzem Grund diskriminieren mußten, erreichten sie vergleichbare Leistungen erst nach 45 Sitzungen.

Farbreize, die sich aus mehreren Einzelreizen zusammensetzen, sind komplexer als die entsprechenden Variationen von weißen Mustern auf schwarzem Grund. Wenn Tauben komplexe Reize diskriminieren, sollten sie leichter ein Gleich- Ungleichkonzept lernen, als wenn sie einfache Reize diskriminieren. Komplexe Reize müßten eher die Aufmerksamkeit der Tiere erregen. Um die komplexen Reize der folgenden Untersuchung richtig unterscheiden zu können, müssen die Tiere die Reize genau betrachten. Unter Umständen kann nur anhand eines winzigen Details auszumachen sein, ob ein präsentierte Reizpaar gleich oder verschieden ist. Wenn die Tiere die Reizpaare genau betrachten, sollten sie die zwischen den Reizen bestehende Gleich- Ungleichbeziehung erkennen können (Pisacreta, Lefave, Lesneski & Potter, 1985).

Im nächsten Versuch sollten die Tauben nicht nur ökologisch gerechtere Reize diskriminieren. Die Reize sollten ihnen auch ökologisch gerechter präsentiert werden. Die Reize werden nicht wie im letzten Experiment vertikal sondern horizontal erscheinen. Diese Methode wurde bereits früher für die Untersuchung kognitiver Prozesse bei Tauben verwendet (von Fersen, in Vorb.). Dadurch sollte die künstliche Situation des Versuchs möglichst ähnlich zur natürlichen Futtersituation sein. Anders als im ersten Experiment werden die Pickscheiben und die Futtergabe räumlich nah beieinander angeordnet. Die räumliche Nähe müßte das Erlernen der Diskrimination beschleunigen, weil die Tiere die Pickscheiben betätigen, um Futterbelohnung zu erhalten.

3.2. Methode

An dem Versuch nahmen acht naive Brieftauben teil. Sie wurden in einer konventionellen Skinnerbox trainiert, die für den folgenden Versuch besonders umgebaut war (Abb. 20).

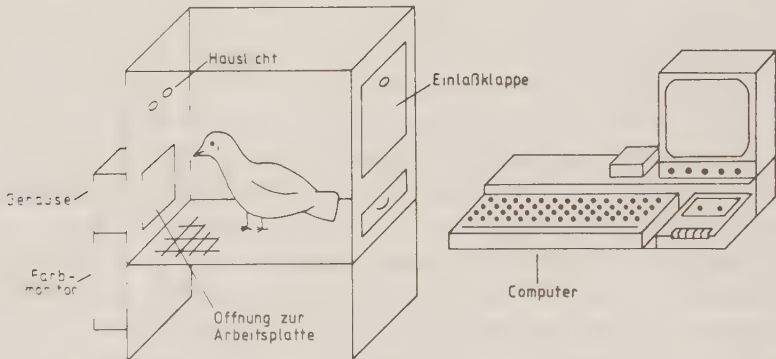


Abb. 20:

Schematische Darstellung der Konditionierungskammer mit Steuerungscomputer.

In die hintere Wand der Skinnerbox war eine Öffnung eingelassen, die den Weg freigab zur horizontalen Arbeitsfläche. Sie war auf einem Farbmonitor befestigt und von einem Aluminiumgehäuse umgeben. Die Versuchskammer mit der horizontalen Arbeitsfläche war durch eine Einlaßklappe an der Frontseite der Skinnerbox zugänglich. Sie war 10 x 18 cm groß und bestand aus Plexiglas, so daß die Tauben während der Versuche beobachtet werden konnten.

Die Skinnerbox war 34 cm tief, 34 cm breit und 33 cm hoch. An der hinteren Wand war die 19,5 x 13 cm große Öffnung zur Arbeitsplatte. Ihr Abstand zum Boden der Skinnerbox betrug 5,5 cm, so daß die Tiere die Arbeitsfläche gut betrachten und auf sie reagieren konnten. Die Arbeitsplatte bestand aus

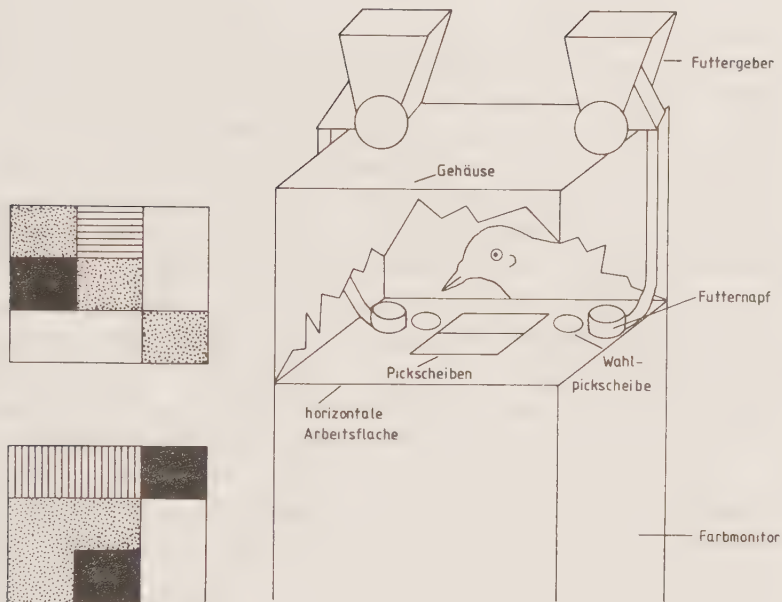


Abb. 21:

Darstellung der horizontalen Arbeitsfläche sowie zweier möglicher ungleicher Reizmuster. Die weißen, schwarzen, schraffierten und gepunkteten Flächen symbolisieren unterschiedliche Farben.

einer 8,9 x 11,5 cm großen Platine (Abb. 21). Sie enthielt vier Pickscheiben und zwei Futternäpfe. In der Mitte der Platine war eine 27 x 40 mm große Öffnung für zwei 25 x 19 mm große Pickscheiben eingelassen. Ihr Abstand zur unteren Begrenzung der Arbeitsplatte betrug 12 mm, so daß die Tiere sie gut erreichen konnten. In diese Öffnung waren zwei übereinander liegende Pickscheiben angebracht. Sie bestanden aus durchsichtigem Plexiglas. An den Längsseiten waren sie mit vergoldetem Federdraht eingefast. Der Federdraht war an einem Ende der Platine festgelötet. Mit dem anderen Ende wurde ein Kontakt geschlossen, der sich nur durch Betätigen der Pickscheibe öffnen ließ. Hinter diesen Pickscheiben erschienen die vom Rechner nach einer Zufallsroutine

erzeugten Reizpaare. Sie erschienen auf einem 5 - Zoll Farbmonitor der Fa. Crown. Jeder Reiz war 11 mm breit und 7 mm hoch. Er bestand aus neun einzelnen Kästchen, die maximal sieben Farben annehmen konnten. Die Kästchen konnten weiß, rot, violett, grün, blau, gelb oder türkisfarben sein (Abb. 21). Rechts und links in Höhe der oberen Pickscheibe war je eine weitere Scheibe (Wahlpickscheibe) in die Platine eingelassen. Ihr Durchmesser betrug 8 mm. Von der oberen Pickscheibe waren sie 9 mm, vom unteren Platinenrand 32 mm entfernt. Wie die beiden anderen Scheiben bestanden sie aus durchsichtigem Plexiglas und waren auf die gleiche Weise über Federdrähte mit der Platine verbunden. Normalerweise waren die Pickscheiben mit schwarzem Hintergrund unterlegt, der per Programmanweisung vom Farbmonitor erzeugt wurde. Wenn die Tiere auf die Scheiben picken mußten, wurden diese beleuchtet. Die Hintergrundfarbe wechselte von schwarz nach weiß.

In der rechten und linken unteren Ecke enthielt die Platine zwei Futternäpfe. Sie bestanden aus zwei Ringen, die auf der Arbeitsfläche befestigt waren. Ihr Durchmesser betrug 18 mm, die Höhe 10 mm. Der Boden der Futternäpfe bestand aus Plexiglas. Er war normalerweise mit schwarzem Hintergrund unterlegt. Wenn es Futter gab, wurde der Boden per Programmanweisung beleuchtet. Er wurde mit weißem Hintergrund unterlegt. Das Futter gelangte über einen Schlauch in jeden Futternapf. Jeder Schlauch war mit einem Futtergeber verbunden, der auf dem Gehäuse oberhalb der Arbeitsfläche angeordnet war.

In der Mitte oberhalb des Zugangs zur Arbeitsplatte waren zwei 3W/24V Birnchen in die Wand eingelassen. Während der Versuche dienten sie als Hauslicht. Der Boden der Versuchskammer bestand aus einem Gitterrost.

Ein Heimcomputer steuerte die Versuchsdurchführung und registrierte die richtigen und falschen Wahlen. Sie wurden am Ende jeder Sitzung über einen Drucker ausgegeben.

Nachdem die Tauben das Deprivationsgewicht erreicht hatten, lernten sie, auf die beleuchteten Pickscheiben zu picken. Zu Beginn wurden beide Futternäpfe mit Hirsekörnern

gefüllt. Dies geschah zu Beginn der Verhaltensformung so lange, bis die Tiere in einer Sitzung beide Näpfe leer gefressen hatten.

Zu Beginn einer Sitzung waren alle Pickscheiben schwarz. Nach 60 Sekunden (in späteren Sitzungen 26 Sekunden) wurden beide Wahlpickscheiben weiß beleuchtet. Nach 8 Sekunden schaltete sich die Beleuchtung aus. Sofort anschließend wurden einige Hirsekörner in einen der beiden Futternäpfe gegeben. Der Boden des Futternapfes wurde für 3 Sekunden weiß beleuchtet. Nach 60 bzw. 26 Sekunden wiederholte sich der Ablauf. Im nächsten Durchgang gab es Futter in den anderen Futternapf. Von Durchgang zu Durchgang wurden abwechselnd Körner in den linken und rechten Futternapf gegeben. Bis zur achten Sitzung pickten die Tiere nur sporadisch. Drei Vögel hatten noch nicht einmal die mit Futter vollgefüllten Näpfe leergefressen. Deshalb wurde die Arbeitsfläche beleuchtet. In die Mitte der Gehäusedecke wurde eine 3W/24V Birne eingelassen. Innerhalb von 5 Sitzungen lernten die Tauben jetzt, regelmäßig auf die Scheiben zu reagieren. Nun wurde Futter nur noch auf Picker hin gegeben. Die Zeit zwischen den Durchgängen, in der alle Pickscheiben schwarz waren, wurde auf 15 Sekunden verkürzt. Die Betätigung der linken oder rechten Wahlscheibe aktivierte den linken bzw. rechten Futtergeber. Die Tiere sollten auf beide Scheiben picken. Wenn sie eine Scheibe eindeutig bevorzugten, wurde sie inaktiviert. Picker auf diese Scheibe hatten dann keinerlei Effekt. Auf diese Weise lernten die Tiere, auch auf die vorher weniger betätigte Scheibe zu reagieren. Nach 3 Sitzungen war diese Formungsphase abgeschlossen.

In einem nächsten Schritt lernten die Tauben, die Pickscheiben zu betätigen, hinter denen später die Reize erscheinen sollten. Die Verhaltensformung lief wie oben beschrieben ab. Zu Beginn einer Sitzung waren alle Pickscheiben schwarz. Nach 26 Sekunden wurden beide Musterpickscheiben für 8 Sekunden beleuchtet. Anschließend gab es Futter von Durchgang zu Durchgang abwechselnd in den linken und rechten Futtergeber. Der Boden des Futternapfes

wurde dann 3 Sekunden lang beleuchtet. Nach 26 Sekunden wiederholte sich der Ablauf. Bereits eine Sitzung später erhielten die Tiere nur Futter, wenn sie die Pickscheiben betätigten. Nach Picken auf die obere oder untere beleuchtete Scheibe gab es Futter in den linken oder rechten Futternapf. Beide Pickscheiben blieben für 15 Sekunden schwarz. Dann wurden die Musterscheiben erneut beleuchtet.

Bereits eine Sitzung später gab es nur noch Futter, wenn die Taube sowohl die untere als auch die obere beleuchtete Scheibe gepickt hatte. In einem letzten Schritt lernten die Tiere, auf die Muster- und dann auf die Wahlscheiben zu picken, um Verstärkung zu bekommen. Zu Beginn eines Durchgangs waren für 5 Sekunden alle Pickscheiben schwarz. Dann wurden die Musterscheiben beleuchtet. Wenn die Tauben beide Musterscheiben einmal betätigt hatten, wurden die Wahlscheiben beleuchtet. Nach Pickern auf die linke Wahlscheibe gab es Hirse in den linken beleuchteten Futternapf, nach Pickern auf die rechte Wahlscheibe wurden Körner in den rechten beleuchteten Futternapf gegeben. Nach 5 Sekunden, während der Pickscheiben und Futternapf nicht beleuchtet waren, wiederholte sich der Ablauf.

Die Sitzungen bestanden aus 30 Durchgängen. Die fixe Verstärkungsrate betrug 1. Der Rechner registrierte die Picker auf die beleuchteten Scheiben und gab sie am Ende der Sitzung auf einem Drucker aus. Während einer Sitzung beleuchteten die zwei Hauslichter und das Lämpchen oberhalb der Arbeitsfläche die Versuchskammer.

Sofort anschließend begannen die Tauben mit dem Training für die Gleich- Ungleichunterscheidungen. Zu Beginn einer Sitzung schalteten sich die beiden Hauslichter ein und das erste Reizpaar erschien hinter den Musterpickscheiben. Jeder Reiz bestand zu Anfang aus vier Kästchen, die von roter oder grüner Farbe waren. Die zwei Reize waren entweder identisch oder voneinander verschieden (Abb. 22)¹¹. Sobald die Tiere viermal (anfangs einmal) auf jede Musterpickscheibe gepickt

¹¹ Ich danke T. Stühler für die Programmierung der Reizerzeugung.

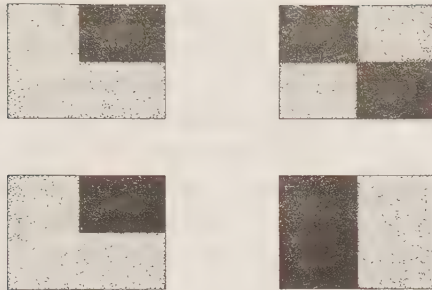


Abb. 22:

Darstellung von zwei möglichen Reizpaaren der Trainingsphase. Links sind zwei gleiche, rechts zwei ungleiche Reizmuster dargestellt. Die schwarzen und gepunkteten Flächen stehen für die rote und grüne Farbe.

hatten, wurden die beiden Wahlscheiben beleuchtet. Wenn ein identisches Reizpaar erschienen war, gab es für vier Picker (anfangs 1 Picker) auf die rechte Wahlscheibe Futter. Die Projektion des Reizpaars endete. Die Muster- und Wahlpickscheiben wurden mit schwarzem Hintergrund unterlegt. Sofort anschließend wurden einige Hirsekörner in den rechter Futternapf gegeben. Gleichzeitig leuchtete der Boden der Futterstelle 3 Sekunden lang auf. Nach 3 Sekunden, während der die Arbeitsfläche schwarz war, erschien ein neues Reizpaar. Wenn das Tier die linke Wahlscheibe gepickt hatte, wurden alle Pickscheiben mit schwarzer Farbe unterlegt. Die beiden Hauslichter verloschen für 3 Sekunden. Nach einer Sekunde erschien das gleiche Reizpaar erneut. Die Taube hatte nun die Möglichkeit, die richtige Wahlscheibe zu wählen. Sie mußte ein Reizpaar, bei dem sie falsch reagiert hatte, mit der richtigen Wahl abschließen. Erst dann erschien im nächsten Durchgang ein neues Reizpaar. Wenn ein ungleiches Reizpaar hinter den Musterscheiben gezeigt wurde, gab es nach Pickern auf die linke Wahlscheibe Futter. Wahlen der rechten Pickscheibe führten zu der oben beschriebenen Bestrafung und einem Korrekturdurchgang.

Damit die Tiere Futterverstärkung erhielten, mußten sie viermal in Folge die richtige Wahlscheibe picken. Wenn sie vorher zur falschen Wahlscheibe wechselten, wurden alle richtigen Picker gelöscht. Im Gegensatz dazu wurden alle falschen Picker eines Durchgangs gezählt und im Speicher des Rechners gehalten. Auch wenn die Taube auf die richtige Scheibe reagierte, wurden gezählte falsche Wahlen nicht gelöscht. Die Tiere wurden bestraft, sobald sie innerhalb eines Durchgangs viermal falsch gewählt hatten.

Im Laufe des Experiments wählten einige Tiere zufällig. Andere begannen bevorzugt eine Wahlscheibe zu picken. Als Folge davon wählten die Tauben häufig falsch und wurden entsprechend häufig bestraft. Die Dauer der Sitzungen verlängerte sich dadurch. Einige Tiere reagierten nicht regelmäßig auf die Pickscheiben. Auch bei diesen Tauben dauerte es eine geraume Zeit, bis sie eine Sitzung beendeten. Deshalb wurde nach der zwölften Sitzung eine "fading" - Prozedur eingeführt. Das Erlernen der Diskrimination sollte für die Tiere erleichtert werden. Das Verfahren sollte die Tiere leichter erkennen lassen, daß sie bei gleichen Reizpaaren die rechte Wahlscheibe und bei ungleichen Reizpaaren die linke Scheibe wählen sollten. In den "fading" - Sitzungen wurde per Programmanweisung die falsche Wahlscheibe weniger beleuchtet als die richtige. In der ersten Sitzung war sie nur zu einem Viertel ihrer Fläche beleuchtet. Die Tiere wählten bei gleichen und ungleichen Reizpaaren zu ca. 95% richtig. Deshalb wurde sofort zur zweiten Stufe übergegangen. Zwei Drittel der falschen Alternative war fortan beleuchtet. Wenn die Tiere in einer Sitzung zu ca. 85% richtig gewählt hatten, wurde in einer letzten Stufe vier Fünftel der falschen Alternative beleuchtet. Wenn die Tiere eine Sitzung lang mit ca. 70% - 80% richtig gewählt hatten, wurde die "fading" - Hilfe ausgeblendet. Die Tiere sollten sich an diese leichte Diskrimination nicht gewöhnen. Sie sollten lernen echte Gleich- Ungleichunterscheidungen zu treffen. Deshalb konnten sie nicht lange aufgrund der unterschiedlichen Helligkeiten der Wahlscheiben unterscheiden. Aus diesem Grunde wurde die

"fading" - Hilfe nicht lange beibehalten. Beide Wahlscheiben wurden wieder gleich beleuchtet.

Sofort anschließend pickten die Tiere wieder bevorzugt auf eine Wahlscheibe. Um dem Positionseffekt entgegenzuwirken, wurde deshalb die Standardbestrafung aufgegeben. Nach falschen Reaktionen auf die weniger bevorzugte Wahlscheibe verdunkelte sich die Versuchskammer wie bisher 3 Sekunden lang. Nach falschen Reaktionen auf die bevorzugte Wahlscheibe verdunkelte sie sich bis zu 7 Sekunden.

Eine Sitzung bestand anfangs aus 20 Durchgängen. Später gab es 40 Durchgänge. Sie setzten sich jeweils zur Hälfte aus gleichen und ungleichen Reizpaaren zusammen. Ihre Abfolge wurde durch eine quasi-zufällige Sequenz kontrolliert (Gellerman, 1933). Sie war im Steuerprogramm abgespeichert und wechselte von Sitzung zu Sitzung.

Trotz aller eingeführten Hilfen hatten die Tiere erhebliche Schwierigkeiten, die Anfangsdiskrimination zu lernen. Sie konnten nicht auf die schwierigeren Stufen mit mehr Farben und Kästchen hingeführt werden. Das Experiment endete deshalb mit der 68. Sitzung nach der "fading" - Prozedur. Innerhalb dieses Experiments wurde nicht weiter versucht, den Erwerb der Unterscheidung für die Tiere zu erleichtern. Es schien erfolgversprechender, ein neues Experiment zu planen. Der neue Versuch sollte nicht mehr eine so komplexe Abfolge von verschiedenen Reaktionen beinhalten. Auf diese Weise wurde versucht, für die Tiere das Erlernen der Diskrimination zu vereinfachen.

3.3. Ergebnisse

Die Leistungen jeder Taube wurden als Prozentsatz richtiger Wahlen am Ende einer Sitzung ausgedruckt. Dies geschah getrennt für die gleichen und ungleichen Reizpaare. Die durchschnittlichen Wahlen für vier Sitzungen wurden errechnet. Sie sind in Abbildung 23 dargestellt. Zu Beginn des Experiments wählten die Tiere bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren zufällig. Im dritten Block begannen die Tiere bevorzugt eine Wahlscheibe zu picken. Mehr Tauben

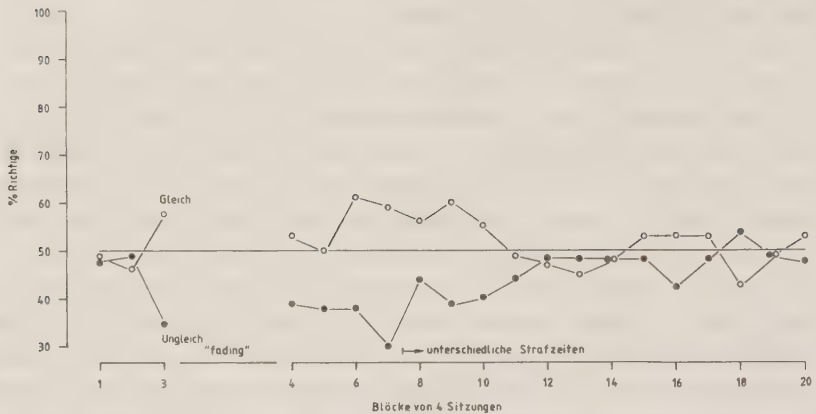


Abb. 23:

Gemittelte richtige Wahlen aller Tiere bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren. Die Ergebnisse von vier Sitzungen wurden zusammen verrechnet. Zwischen dem dritten und vierten Block war die "fading" - Prozedur eingeführt worden. Nach dem siebten Block wurde die Standardbestrafung aufgegeben. Die Tiere wurden nun für falsche Wahlen bei einer deutlich bevorzugten Pickscheibe länger bestraft als für falsche Wahlen bei einer anderen Scheibe.

bevorzugten die rechte Scheibe, so daß sie bei den gleichen Paarungen im Durchschnitt mit 58% Richtigen und bei den ungleichen Paarungen mit 35% Richtigen wählten. Insgesamt reagierten die Tiere mit 46,5% Richtigen bei beiden Paarungen zufällig. Sie diskriminierten nicht. Um das Erlernen der Aufgabe zu beschleunigen, wurde nach der zwölften Sitzung das "fading" - Verfahren eingeführt. Die falsche Wahlscheibe wurde weniger hell beleuchtet als die richtige. Zu Anfang wurde die falsche Alternative kaum beleuchtet. Wenn die Tiere in einer Sitzung weit über Zufall richtig gewählt hatten, wurde die falsche Scheibe mehr beleuchtet bis sich schließlich beide Wahlscheiben in ihrer Helligkeit nicht mehr unterschieden. Nachdem die "fading" -

Hilfe ausgeblendet war, wählten die Tiere wieder bei Zufall. Erneut pickten sie die rechte Wahlscheibe bevorzugt im Vergleich zur linken. In den ersten Blöcken wählten die Tauben bei den gleichen Paaren mit 56% richtig, bei ungleichen Paaren mit 36%. Positionseffekte wirken sich störend auf das Erlernen komplexer Aufgaben aus. Deshalb wurden nach dem siebten Block unterschiedlich lange Strafzeiten für falsche Wahlen bei den beiden Reizpaarungen eingeführt. Falsche Picker auf die bevorzugte Wahlscheibe wurden länger bestraft als falsche Reaktionen auf die gemiedene Scheibe. Die unterschiedliche Bestrafung wirkte sich verzögert nach drei Blöcken auf das Wahlverhalten aus. Die Tiere wählten nun bei den gleichen und ungleichen Paarungen einheitlicher. Die richtigen Reaktionen bei den identischen Reizen übertrafen nicht mehr die bei den ungleichen Reizen. Bei beiden Paarungen reagierten die Tiere zufällig.

Nicht nur die richtigen Wahlen bei den gleichen und ungleichen Paarungen wurden am Ende einer Sitzung protokolliert. Zusätzlich gab der Drucker auch die richtigen Reaktionen auf die unterschiedlichen ungleichen Paarungen aus. Alle Reize bestanden aus vier Kästchen, die zwei unterschiedliche Farben annehmen konnten. Jedes Reizpaar konnte sich in einem, zwei, drei oder vier Kästchen unterscheiden. Abbildung 24 zeigt, wie die Tauben in diesen vier Bedingungen wählten. Aufgeführt sind die Wahlen aller Sitzungen. Nur die "fading" - Sitzungen wurden ausgenommen. Die Tauben reagierten in allen vier Bedingungen zufällig.

Die Tiere lernten die Gleich- Ungleichdiskrimination im Verlauf des Experiments nicht. Sie wählten bei den gleichen und ungleichen Reizpaaren zufällig. Keine Taube erreichte das Kriterium, in drei aufeinanderfolgenden Sitzungen mit ca. 70% Richtigen zu wählen. Die Tiere konnten nicht auf die schwierigeren Trainingsstufen hingeführt werden. Die Unterscheidung von gleichen und ungleichen Reizen, die aus neun Kästchen und sieben Farben bestanden, konnte nicht geprüft werden.

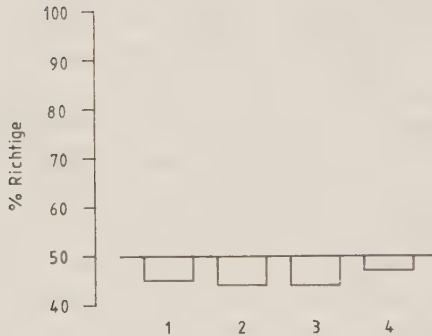


Abb. 24:

Mittelwerte aller Tiere in den vier möglichen Ungleichbedingungen. Die Trainingsreize setzten sich aus vier Kästchen zusammen, die jeweils von roter oder grüner Farbe sein konnten. Jede ungleiche Paarung konnte sich somit in einem, zwei, drei oder vier Kästchen unterscheiden. Die Anzahl der unterschiedlichen Kästchen wird durch die Zahlen angezeigt. Die durchschnittlichen Wahlen wurden aus allen Sitzungen mit Ausnahme der "fading" - Sitzungen errechnet.

3.4. Diskussion

Die verwendete Methode ist nicht dazu geeignet, ein Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben nachzuweisen. Die Tiere wählten bereits in der anfänglichen, einfachen Trainingsstufe nur zufällig. Sie konnten deshalb nicht auf die schwierigeren, endgültigen Beispiele hingeführt werden. Diese schlechten Leistungen können vielfältig verursacht sein.

Die Tiere mußten 16 unterschiedliche gleiche Reizpaare diskriminieren. Im Gegensatz dazu hatten sie 240 ungleiche Paarungen zu unterscheiden. Diese große Anzahl von Reizpaaren konnte nicht oder nur mit viel Training auswendiggelernt werden. Die Tiere konnten bei den ungleichen Reizen nur überzufällig richtig wählen, wenn sie die Relation erkannten und mit dem Picken der linken

Wahlscheibe verbinden konnten.

Bei den gleichen Reizpaaren war es anders. Tauben haben ein leistungsfähiges assoziatives Gedächtnis (Vaughan & Greene, 1984; von Fersen, in Vorb.). 16 gleiche Paarungen müßten sie durchaus auswendiglernen können. Vielleicht waren die Tiere durch die zufällige Abfolge gleicher und ungleicher Reize gehindert. In jeder Sitzung wechselten beide Paarungen ständig. Höchstens drei gleiche oder ungleiche Paare erschienen nacheinander. Dann wurde eine andere Paarung präsentiert. Gleiche Reizpaare traten nicht nur unregelmäßig sondern auch selten auf. Da eine Sitzung aus 20 gleichen und 20 ungleichen Paarungen bestand, erschien jedes gleiche Paar sozusagen nur einmal pro Sitzung. Das war vielleicht nicht ausreichend, um die gleichen Paarungen auswendigzulernen.

Vielleicht haben die Tiere die Reizpaare nicht betrachtet. Dann konnten sie weder die gleichen Reizpaare auswendiglernen, noch die Gleich- Ungleichrelation erkennen. Die Tiere mußten mehrmals auf jeden Reiz einer Paarung picken. Aber diese Beobachtungsreaktion muß nicht gleichbedeutend mit einem aufmerksamen Betrachten der Reize sein.

Sehr schwierig für die Tiere war sicherlich, die komplexe Abfolge von Reaktionen zu lernen. Sie mußten in jedem Durchgang viermal auf den oberen Reiz und viermal auf den unteren Reiz picken. Dann mußten sie entscheiden, welche Wahlpickscheibe richtig ist und viermal die linke oder rechte Scheibe betätigen. Vielleicht konnten die Tiere die Reizpaare als gleich oder ungleich erkennen, aber sie nicht richtig mit den beiden Wahlscheiben verbinden. Zum einen mußten die Tiere sich in jedem Durchgang erinnern, daß bei gleichen Reizpaaren die rechte und bei ungleichen Reizpaaren die linke Wahlscheibe betätigt werden muß. Sie mußten die Verknüpfung im Gedächtnis abgespeichert haben, um das Problem zu lösen. Zum anderen mußten die Tiere rechts und links unterscheiden können. Diese Unterscheidung zu lernen, ist mit Sicherheit sehr schwierig für Tauben. Verwechslungen von rechts und links sind bei Kindern und

selbst bei Erwachsenen nicht außergewöhnlich. Erwachsene können häufig nicht angeben, wo rechts und links ist, wenn sie Streßbedingungen ausgesetzt sind. Kinder verwechseln rechts und links in auffälliger Weise, wenn sie Schreiben- und Lesenlernen. Jüngere Kinder drehen Symbole häufig um ihre vertikale Achse z. B. $\int$ statt $?$, oder sie verwechseln gespiegelte Buchstaben wie b und d.

Ob Tiere rechts und links unterscheiden können, ist nur selten untersucht worden. Die Arbeiten zeigen, daß Tiere nur mit viel Training die Differenzierung von rechts und links lernen können (siehe Corballis & Beale, 1970; 1976 zur Übersicht). In einer Untersuchung von Over (1969) lernten Tauben erst nach mehreren Sitzungen, als Reaktion auf einen von zwei möglichen Reizen eine linke oder rechte Wahlscheibe zu betätigen. Wilson, Mackintosh & Boakes (1985b) trainierten Tauben eine Pickscheibe zu betätigen, wenn eine von zwei möglichen gleichen Paarungen gezeigt wurde. Wenn eine der zwei ungleichen Paarungen erschien, sollten sie auf die andere Pickscheibe reagieren. Die Tiere hatten erhebliche Schwierigkeiten, diese Diskrimination zu lernen.

In diesen Untersuchungen mußten die Tiere nur sehr wenige Reizpaare diskriminieren, so daß die Tiere die Aufgabe durchaus auswendiglernen konnten. Daß sie die Diskrimination erst nach viel Training lernten, zeigt daß diese Probleme bereits sehr schwierig für die Tauben zu lösen waren. In unserer Untersuchung war die Akquisition um ein Vielfaches schwieriger. Die Tiere mußten eine größere Anzahl von Reizpaarungen unterscheiden. Bei den ungleichen Reizen wechselten die Paarungen beständig. Das Auswendiglernen war zumindest für die ungleichen Paare nicht möglich. Wie die Ergebnisse zeigen, konnten die Tiere aber auch die wenigen gleichen Paare nicht memorisieren. Wenn Tauben die referierten einfachen Diskriminationen nur mit Schwierigkeiten lernen konnten, so sollte der Erwerb unserer Diskrimination noch schwieriger sein. Die Tiere hätten die Aufgabe vermutlich erst nach einem erheblichen Aufwand an Training gelernt. Dafür sprechen auch die Ergebnisse von Santiago & Wright (1984) und Wright, Santiago & Sands

(1984). Sie verwendeten eine sehr ähnliche Aufgabe, um das Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben und Affen nachzuweisen. Die Tiere sollten lernen, zwei gleiche oder ungleiche Farbphotos von naturalistischen oder künstlichen Reizen zu unterscheiden. Nach einer Beobachtungsreaktion hatten die Tiere in Abhängigkeit von den gezeigten Reizen eine linke oder rechte Pickscheibe zu wählen. Bei den Affen war die Reaktion sehr ähnlich. Sie mußten einen Hebel nach rechts oder links bewegen. Tauben und Affen lernten die Aufgabe erst nach einem Training von 18 Monaten (Wright, Santiago, Sands & Urcuioli, 1984). Vielleicht hat experimentelle Vorerfahrung den Tauben geholfen, die Diskrimination zu lernen. Die Autoren machen dazu keine Angaben. Da die Tauben bereits fünf und acht Jahre alt waren, könnten sie durchaus versuchserfahren gewesen sein. Das Erlernen der schwierigen Diskrimination sollte dadurch durchaus erleichtert werden. Die Tauben unserer Untersuchung waren naiv. Vielleicht haben sie deshalb selbst nach diesen vielen Trainingssitzungen nicht diskriminiert. Versuchserfahrene Tiere hätten vielleicht die Aufgabe wie auch den experimentellen Ablauf schneller gelernt.

In einem nächsten Versuch soll der experimentelle Ablauf wesentlich vereinfacht werden. Auf die Unterscheidung von rechts und links soll verzichtet werden. Tauben sollen ihre Wahlen als gleich oder ungleich nicht mehr durch die Betätigung einer linken oder rechten Scheibe anzeigen. Die Methode, so wie sie in unserer Untersuchung verwendet wurde, ist ungeeignet für den Nachweis eines Gleich- Ungleichkonzepts. Das Erlernen der Unterscheidung war zu schwierig für die Tiere. Ein zu großer Trainingsaufwand wäre nötig gewesen, bis die Tiere die Diskrimination eventuell gelernt hätten. Obwohl im Experiment versucht wurde, eine ökologisch gerechtere Situation für die Tiere zu schaffen, konnten sie die Aufgabe nicht lernen. Die möglichen Gründe dafür wurden aufgeführt.

4. Die Wirkung von gleichzeitig präsentierten identischen und verschiedenen Paarungen auf Gleich- Ungleichunterscheidungen

4.1. Einleitung

Auch in diesem Experiment sollen die Tauben lernen, die vom Rechner erzeugten Reize als gleich und ungleich zu unterscheiden. Mit diesen Reizen kann eine unendliche Vielfalt von Paarungen hergestellt werden. Die vielen Beispiele sollten die Tiere die Gleich- Ungleichrelation erkennen lassen. Weil die Tiere die Paarungen nicht auswendiglernen können, müssen sie in jedem Durchgang Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen. Sonst können sie nicht über Zufall diskriminieren. Sie sollten somit lernen, ein universelles Gleich- Ungleichkonzept im Experiment einzusetzen.

Anders als im letzten Experiment soll die Diskrimination zu Beginn wesentlich einfacher sein für die Tauben. In den ersten Sitzungen sollen sie nur lernen, zwei gleiche und zwei ungleiche Paarungen zu unterscheiden. Erst wenn sie überzufällig gut wählen, soll die nächste schwierigere Trainingsstufe beginnen. Die vier Paarungen können von den Tieren mit Sicherheit auswendiggelernt werden. Sie werden wahrscheinlich nicht anhand der Gleich- Ungleichrelation diskriminieren (Farthing & Opuda, 1974; Wilson, Mackintosh & Boakes, 1985 a; b). Deshalb müssen später mehr Reize hinzugenommen werden, so daß sehr viele Paarungen gebildet werden können, die die Tiere nicht mehr memorisieren können. Sie müssen nun Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen. Möglicherweise lernen Tauben leichter, die Relation zu erkennen und ein universelles Gleich- Ungleichprinzip einzusetzen, wenn sie über das Auswendiglernen weniger Paarungen zur Abstraktion des Prinzips hingeführt werden.

Tauben können Gleich- Ungleichunterscheidungen nicht leicht einsetzen, wenn sie wie im letzten Experiment Beobachtungs- und Wahlreaktionen abgeben müssen. Auf diese komplizierte Folge von Reaktionen soll deshalb im nächsten

Versuch verzichtet werden. In einem Durchgang sollen identische und verschiedene Paarungen gleichzeitig hinter zwei Pickscheiben erscheinen. Ein Tier wird allein verstärkt für Wahlen des identischen oder des verschiedenen Reizpaars. Die Wahl als gleich oder ungleich soll durch die Betätigung der Pickscheibe angezeigt werden, hinter der die gleiche oder ungleiche Paarung erscheint. Damit die Tiere beide Reize des Reizpaars gleichzeitig betrachten, werden die Reize dichter beieinander gezeigt als im früheren Experiment.

4.2. Methode

Die acht Tauben des letzten Experiments nahmen auch an diesem Versuch teil. Sie wurden entsprechend ihren Leistungen in den "shaping" - und "fading" - Phasen des letzten Experiments in zwei leistungsgleiche Gruppen aufgeteilt. Die Tiere, die eindeutig eine Pickscheibe bevorzugt gewählt hatten, wurden auf beide Gruppen gleich verteilt. Der Versuchsaufbau des vorigen Versuchs wurde beibehalten. Die Skinnerbox und der Farbmonitor wurden weiterbenutzt (Abb. 20). Allein die horizontale Arbeitsfläche wurde umgeändert (Abb. 25). Sie enthielt nun

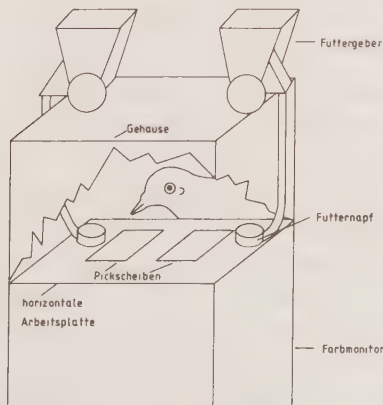


Abb. 25:

Schematische Darstellung der horizontalen Arbeitsfläche

zwei Pickscheiben und zwei Futternäpfe. Die Pickscheiben waren auf die gleiche Weise mit Federdraht an der Platine befestigt wie im letzten Versuch. Sie waren 23 mm breit und 32 mm hoch. Vom dem Tier zugewandten Platinenrand waren sie 9 mm, von den Seitenbegrenzungen 29 mm entfernt angebracht. Ihr Abstand zueinander betrug 8 mm. Hinter diesen Pickscheiben erschienen die Reize, jeweils eine gleiche und eine ungleiche Paarung (Abb. 26). Sie wurden 22 mm voneinander entfernt präsentiert. Jedes Reizpaar war 16 mm x 7 mm groß. Der Abstand zwischen den zwei Einzelreizen betrug 6 mm. Jeder einzelne Reiz war 7 mm breit und 5 mm hoch.

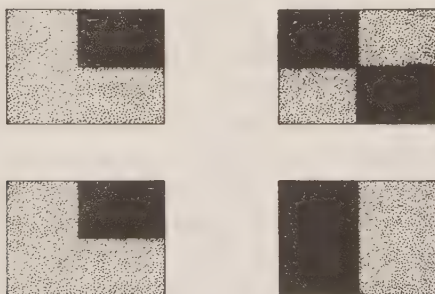


Abb. 26:

Darstellung von zwei möglichen Reizpaaren, die innerhalb eines Durchgangs simultan präsentiert wurden. Links sind zwei identische, rechts zwei voneinander verschiedene Paarungen dargestellt. Die gepunkteten und schwarzen Flächen stehen für die rote und grüne Farbe.

In der linken und rechten unteren Platinenecke waren zwei Futternäpfe angebracht. Sie waren 10 mm hoch und maßen im Durchmesser 18 mm. Ihr Bodeneinsatz bestand aus durchsichtigem Plexiglas.

Zu Beginn eines Durchgangs schalteten sich die Hauslichter ein. Nach drei Sekunden erschienen gleichzeitig zwei Reizpaare. Eine Paarung bestand aus zwei identischen, die andere aus zwei unterschiedlichen Reizen. Eine Gruppe von Tauben erhielt Futterbelohnung für Wahlen des gleichen

Reizpaars, die andere wurde für Picker auf die ungleiche Paarung verstärkt. Wenn die Tiere zehnmal hintereinander (anfangs einmal) die richtige Scheibe wählten, gab es Belohnung. Die Reizpaare verschwanden und die Pickscheiben wurden mit schwarzer Farbe unterlegt. Einige Hirsekörner wurden in den Futternapf in unmittelbarer Nähe der zuletzt gepickten Scheibe gegeben. Der Boden der Futterstelle wurde vier Sekunden lang beleuchtet. Nach 8 bis 12 Sekunden erschienen zwei neue Reizpaarungen hinter den Pickscheiben.

Wenn die Tiere die falsche Scheibe wählten, wurden sie bestraft. Für drei Sekunden wurden die Pickscheiben schwarz und die Hauslichter verloschen. Dann erschienen die zwei Reizpaare des letzten Durchgangs erneut hinter den Pickscheiben (Korrekturdurchgang). Die Tiere erhielten nun die Gelegenheit, richtig zu wählen. Falsch beantwortete Reizpaare wurden so lange wiederholt, bis die Tiere die Aufgabe mit der richtigen Reaktion abschlossen. Dann erst wurden zwei andere Paarungen gezeigt.

Wenn die Tiere bestraft wurden, mußten sie die falsche Pickscheibe nicht zehnmal hintereinander gepickt haben. Alle falschen Wahlen blieben im Speicher des Rechners registriert, wenn das Tier innerhalb eines Durchgangs nach falschen Pickern auf die richtige Seite wechselte. Spätere erneute falsche Wahlen wurden zu den bereits abgegebenen hinzugerechnet. Wenn die Tiere zehnmal falsch gepickt hatten, bevor sie in Folge zehnmal richtig gewählt hatten, lösten sie die Strafprozedur aus.

Eine Sitzung bestand aus 40 Durchgängen, in denen 40 gleiche und 40 ungleiche Reizpaare gezeigt wurden. Die Positionen der Paarungen hinter den Pickscheiben wurden durch eine quasi-zufällige Sequenz gesteuert (Gellerman, 1933). Sie war im Rechnerprogramm abgespeichert und variierte von Sitzung zu Sitzung.

Zu Beginn des Experiments bestanden die Reize aus vier Kästchen. Sie waren entweder rot oder grün. Es gab zwei gleiche (rot-rot und grün-grün) und zwei ungleiche Paarungen (rot-grün und grün-rot). Wenn die Tiere in zwei aufeinanderfolgenden Sitzungen mit ca. 80% Richtigen gewählt

hatten, begann die nächste Trainingsstufe. Die einzelnen Kästchen eines Reizes waren von roter oder grüner Farbe (Abb. 26). Auf diese Weise konnten 16 verschiedene Reize erzeugt werden. Die Tiere lernten die Diskrimination innerhalb von 30 Sitzungen nicht. Sie konnten nicht auf die schwierigeren Trainingsstufen hingeführt werden. Deshalb wurde das Experiment beendet.

4.3. Ergebnisse

Die richtigen Wahlen wurden am Ende einer Sitzung auf dem Drucker ausgegeben. Daraus wurden die durchschnittlichen Leistungen für jede Sitzung errechnet. Dies geschah für die Gruppe, die für die Picker auf die gleichen Reizpaare verstärkt wurde. Ebenso wurden die durchschnittlichen richtigen Wahlen für die Gruppe bestimmt, die für Reaktionen auf die ungleichen Paarungen belohnt wurde.

Abbildung 27 zeigt die Leistungen Sitzung für Sitzung. Beide Versuchsgruppen reagierten zufällig. Nur selten wählten die Tiere unterhalb des Zufalls. In der Mehrzahl der Sitzungen reagierten die Tiere knapp über Zufall. Die richtigen Wahlen gruppieren sich um 55% Richtige. Beide

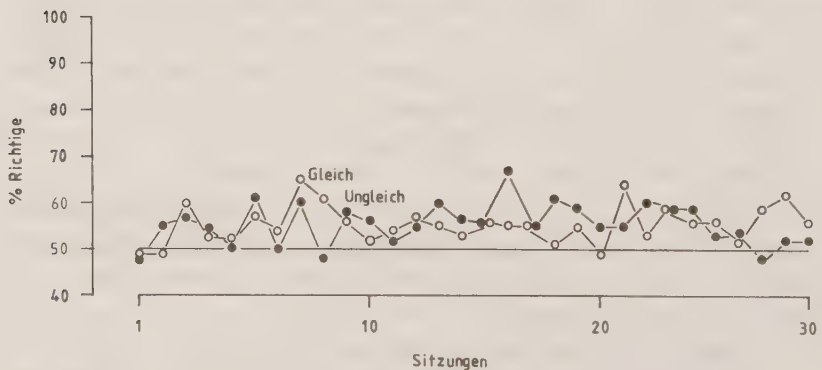


Abb. 27:

Durchschnittliche richtige Wahlen der Gleich- und der Ungleichgruppe.

Gruppen wählten ähnlich. Zwischen ihren Leistungen bestanden keine Unterschiede. Nur zwischen der 16. und 20. Sitzung wählte die Ungleichgruppe geringfügig besser als die Gleichgruppe. Gegen Ende des Versuchs war es umgekehrt. In den letzten drei Sitzungen wählte die Gleichgruppe geringfügig besser. Weil die Tiere die Unterscheidung in 30 Sitzungen nicht lernten, wurde das Experiment beendet. Auf eine statistische Auswertung wurde verzichtet.

4.4. Diskussion

Mit diesem Experiment gelang es nicht, ein Gleich-Ungleichkonzept bei Tauben nachzuweisen. Die Verfahrensänderung sollte die Tiere die relationale Beziehung leichter erkennen lassen. Aber die Gleich-Ungleichregel war nicht wirksam für sie. Sie konnten diese nicht einsetzen. Selbst bei den Paarungen, die aus 16 Reizen gebildet wurden, gelang ihnen das nicht. Da die Tiere in 30 Sitzungen die Diskrimination nicht lernten, konnten sie nicht auf die schwierigeren Trainingsstufen hingeführt werden. Aus diesen Ergebnissen lassen sich zwei Schlußfolgerungen ableiten. Tauben können identische und verschiedene Reizpaare, die wie in unserem Experiment gleichzeitig präsentiert werden, nicht anhand eines universellen Prinzips in gleich und ungleich unterscheiden. Oder die Tauben brauchen ein Mehr an Training. Dann können sie durchaus lernen, auch auf diese Weise präsentierte Reize zu diskriminieren.

Schimpansen gelingt es, ein Gleich- Ungleichkonzept bei einer solchen Versuchsanordnung einzusetzen (Robinson, 1955). Ihnen wurde auf einem Tablett ein gleiches und ein ungleiches Reizpaar gezeigt. Wahlen der identischen Paarung wurden verstärkt. Die Affen erzielten im Test 83,3% richtige Wahlen bei den Trainingsreizen. Bei den neuen Reizen wählten sie mit 77,5% Richtigen nur geringfügig schlechter. Die Tauben sollten in unserer Untersuchung die Unterscheidung anhand von zweidimensionalen Farbmustern lernen. Die

Schimpansen in der Studie von Robinson (1955) diskriminierten Objekte. Das Trainieren der Unterscheidung anhand von dreidimensionalen Reizen kann für die Tiere das Erkennen der Gleich- Ungleichbeziehung erleichtert haben. Affen sind Greifwesen. Wenn sie im Experiment Objekte unterscheiden müssen, ist die Versuchssituation sicherlich sehr adäquat. Die dreidimensionalen Reize waren für die Affen vermutlich interessant und bedeutungsvoll. Sie haben sie deshalb vielleicht aufmerksam betrachtet, so daß sie die relationale Regel abstrahieren und einsetzen konnten.

Die Schimpansen unterschieden sich deutlich beim Erlernen der Diskrimination. Vor dem eigentlichen Test gab es vier Trainingsstufen. Die Anzahl der Durchgänge, welche die Tiere zum Erreichen des Kriteriums bei den Trainingsproblemen benötigten, streuten von 125 bis 1243. Die Tiere mit Erfahrung in "matching-to-sample" - Aufgaben erreichten das Kriterium in durchschnittlich 218 Durchgängen. Die anderen zwei Affen hatten vorher an einem Experiment zur sensorischen Deprivation und an einer Diskriminationsstudie teilgenommen. Sie brauchten durchschnittlich 1179 Durchgänge bis zum Kriterium. Das Diskriminationsexperiment wird leider nicht näher erläutert. Aber es kann wohl angenommen werden, daß es sich nicht um eine relationale Unterscheidung handelte. Dann bestätigen diese Ergebnisse, was bereits früher vermutet wurde. Vorerfahrung mit relationalen Regeln beeinflußt als wichtige Variable die Anwendung des Gleich- Ungleichkonzepts. Die erfahrenen Tiere in dieser Untersuchung lernten die Aufgabe schneller und wählten im Test deutlich besser. Die Tauben in unserer Untersuchung müssen als naiv bezeichnet werden. Sie hatten zwar an einem konditionalen Diskriminationsexperiment teilgenommen, aber sie hatten die Unterscheidung nicht gelernt. Im letzten Experiment bearbeiteten sie 1200 Durchgänge, geringfügig mehr als die in konditionalen Aufgaben unerfahrenen Affen vor dem Test. Die Tauben lernten nicht zu diskriminieren. Aufgrund dieser Ergebnisse auf kognitive Begrenzungen bei Tauben zu schließen erscheint voreilig. Die Tauben mußten mehr Reizmuster unterscheiden als die Affen. Die Aufgabe war

für sie sicherlich schwieriger als für die Schimpansen. Deshalb erscheint es nicht ausgeschlossen, daß die Vögel die Aufgabe mit mehr Training hätten lernen können.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen dennoch deutlich, daß Tauben ein Gleich- Ungleichkonzept nicht leicht einsetzen können, wenn wie in unserem Experiment identische und verschiedenen Reizpaare zu gleicher Zeit hinter den Pickscheiben erscheinen. Die Tiere lernten in 30 Sitzungen nicht, zu diskriminieren. Selbst die hohe fixe Rate von 10 konnte nicht sicherstellen, daß die Tiere die relationale Regel anwendeten. Die Anzahl abgegebener Picker beeinflußt das Erlernen von Diskriminationen, weil die zu diskriminierenden Reize vermutlich aufmerksamer betrachtet werden. In Wahl-nach-Muster - Experimenten wählen Tauben besser, wenn ihnen eine große Anzahl von Beobachtungsreaktionen abverlangt wird (Sacks, Kamil & Mack, 1972). Die Tauben in unserer Untersuchung lernten die Unterscheidung trotz einer hohen fixen Rate nicht. Die gleichzeitige Präsentation von Reizpaaren ist vermutlich nicht geeignet für sie. Vielleicht haben sie die Reizmuster nicht zueinander in Beziehung gesetzt, weil sie nicht auf beide Reize zusammen geachtet haben. Vielleicht haben sie nur den oberen oder unteren Reiz oder nur Teile beider Reize betrachtet. Sie sollten die zwischen den Reizen bestehende Relation leichter erkennen, wenn sie jeden Reiz einzeln anstatt auf eine Paarung als Ganzes picken müssen.

Picker können nicht unbedingt mit Aufmerksamkeit für die Reize gleichgesetzt werden. Aber diese Methode macht eher wahrscheinlich, daß die Taube beide Reize betrachtet. Das ist eine unabdingbare Voraussetzung dafür, daß sie die Relation erkennen können. Auf diese Weise wird den Tieren die Gleich- Ungleichrelation vielleicht eher deutlich als es in diesem Experiment geschah. Eine andere Schlußfolgerung aus den bisherigen Experimenten war, auf die Differenzierung von rechts und links zu verzichten. Die Tauben sollen ihre Wahl als gleich oder ungleich nicht durch die Betätigung einer linken oder rechten Pickscheibe anzeigen.

Eine Methode, die beide Forderungen erfüllt, ist die

Wahl-nach-Muster - Methode. In einem nächsten Experiment soll mittels dieser Methode versucht werden, ein Gleich-Ungleichkonzept bei Tauben nachzuweisen.

5. Die Unterscheidung von gleichen und ungleichen dreidimensionalen farbigen Reizen

5.1. Einleitung

In fast allen Experimenten dieser Arbeit zeigten die Tauben ihrer Wahl als gleich oder ungleich an, indem sie eine linke oder rechte Pickscheibe betätigten. Die Tiere mußten nicht nur gleich und ungleich sondern auch rechts und links unterscheiden. Die Nachteile dieser Methode wurden ausführlich diskutiert. Im nächsten Experiment soll die Differenzierung von rechts und links wegfallen. Es soll versucht werden, ein Gleich- Ungleichkonzept mittels der Wahl-nach-Muster - Methode nachzuweisen.

Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) verwendeten diesen Aufgabentyp. Sie trainierten zwei Gruppen von Tauben auf 40 bzw. 160 unterschiedliche Reizkombinationen. Nach 57 Sitzungen testeten sie die Vögel mit neuen Reizen. Die Tiere wählten deutlich Überzufällig den ungleichen Reiz. Die durchschnittlichen Wahlen im Test variierten zwischen 70% und 80% Richtigen. Im Training diskriminierten die Tauben festgefügte Kombinationen. Die Zusammenstellung der Reize änderte sich nicht. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Tiere die Aufgaben auswendiglernten. Die Transferwahlen zeigen aber, daß die Tauben ein Konzept gelernt hatten und transferieren konnten. Sie erkannten die relationale Beziehung zwischen Muster- und Vergleichsreiz auch bei unbekannten Kombinationen.

Die Tauben transferierten mit höheren richtigen Wahlen als in der Untersuchung von Santiago & Wright (1984) und als im ersten Experiment dieser Arbeit (Kap. 2). Die Arbeit von Santiago & Wright (1984) unterschied sich von der eigenen Untersuchung. Verschiedene Methoden wurden verwendet. Die Reize und die Versuchsanordnung beider Experimente waren nicht identisch. Aber in beiden Arbeiten wählten die Tauben im Test mit ca. 65% Richtigen. In beiden Studien mußten die Tiere ihre Wahl als gleich oder ungleich durch die Betätigung einer linken oder rechten Wahlscheibe anzeigen.

Richtige Wahlen um ca. 65% sind für Tauben möglicherweise die Asymptote bei Versuchen, in denen sie die Unterscheidung von rechts und links lernen müssen. Wenn die Ergebnisse im Test überhaupt verbessert werden können, ist sicher ein erheblicher Aufwand an Training nötig. Deshalb sollen Tauben im nächsten Experiment die Gleich- Ungleichunterscheidung im Rahmen einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe lernen. Möglicherweise können sie mittels dieser Methode besser die relationale Beziehung erkennen und ein universelles Gleich-Ungleichprinzip einsetzen. Es erscheint wichtig, zwei Gruppen von Tauben auf die Diskrimination zu trainieren. Eine Gruppe soll für Wahlen des identischen, die andere für Wahlen des ungleichen Vergleichsreizes verstärkt werden. Auf die Vorteile des "oddity" - Lernens wurde in der Einführung ausführlich eingegangen. Wenn innerhalb eines Experiments nur eine Gruppe auf ungleich trainiert wird, machen hohe richtige Wahlen im Test keine eindeutige Aussage. Sie können für das Einsetzen eines Konzepts stehen. Ebenso können sie durch die "feature-positive" - Wirkung des ungleichen Reizes verursacht sein. Der verschiedene Reiz tritt aus der Kombination mit zwei identischen Reizen heraus. Er lenkt die Aufmerksamkeit auf sich und wird deshalb möglicherweise bevorzugt gepickt. Deshalb sollte innerhalb des Experiments eine Gleichgruppe und eine Ungleichgruppe verglichen werden. Wenn auch die Gleichgruppe die Unterscheidung transferiert, wird bei der Ungleichgruppe die Anwendung eines Konzepts wahrscheinlicher gemacht.

Ähnlich wie in den vorherigen sollte auch in diesem Experiment die Schaffung von ökologisch gerechten, an die Taube möglichst gut angepaßten Versuchsbedingungen weiter vorangetrieben werden. Dies soll nicht nur über die verwendete Methode, sondern auch über die zu diskriminierenden Reize versucht werden. Im folgenden Experiment sollen die Tauben plastische, bunte Objekte, die horizontal geboten werden, diskriminieren. Dreidimensionale Reize können wesentlich komplexer sein als zweidimensionale. Sie können in vielen Dimensionen wie Farbe, Helligkeit, Textur, Form und Größe variieren. Pisacreta, Lefave,

Lesneski & Potter (1985) vermuten, daß die Tiere komplexe Reize vielleicht aufmerksamer betrachten und auf diese Weise eher die Gleich- Ungleichbeziehung zwischen den Reizen erkennen. Dafür daß dreidimensionale Reize zumindest für Affen interessanter sind als zweidimensionale sprechen unkontrollierte Beobachtungen von Weinstein (1945). Die Affen reagierten lieber auf die Objekte. In der experimentellen Taubenforschung haben dreidimensionale Reize keine ausgeprägte Tradition. In der Vergangenheit diskriminierten Tauben in Verhaltensversuchen vertikal präsentierte Farb-, Helligkeits- und Musterreize sowie Photographien von Landschaften oder künstlichen Objekten. Ganz anders verhält es sich bei den Experimenten, die die Lernvorgänge bei Affen untersuchten. Sie wurden in den Fünfziger Jahren fast ausschließlich in der Wisconsin-Testapparatur (WGTA) getestet. Diese Apparatur ermöglicht die Präsentation von Objekten (Harlow, 1949; Meyer & Harlow, 1949).

Wie Abbildung 28 zeigt, saß das Tier während des Versuchs in einem Gitterkäfig. Es war durch eine bewegliche, undurchsichtige Blende von der Arbeitsplatte getrennt. Die Arbeitsfläche war horizontal angebracht und enthielt drei Futternapfe. Sie lagerte auf Schienen. Der Versuchsleiter konnte die Platte zu sich heranziehen, um die Reize zu wechseln. Der Versuchsleiter saß jenseits der Arbeitsfläche hinter einer Einsichtscheibe, so daß er die Tiere während des Versuchs beobachten konnte.

Zu Beginn eines Durchgangs positionierte er die Objekte über die Futternapfe. Unter das zu wählende Objekt legte er Futter. Dann schob er die Arbeitsplatte zum Tier hin und ließ die Einsichtscheibe herunter. Der undurchsichtige Schirm vor dem Affenkäfig, der während der gesamten Zeit heruntergezogen war, wurde nun hochgezogen. Wenige Sekunden später wurde die Objektplatte näher zum Tier hingeführt, das nun zwischen den verschiedenen Objekten wählen konnte. Sofort anschließend wurde die undurchsichtige Blende wieder heruntergelassen.

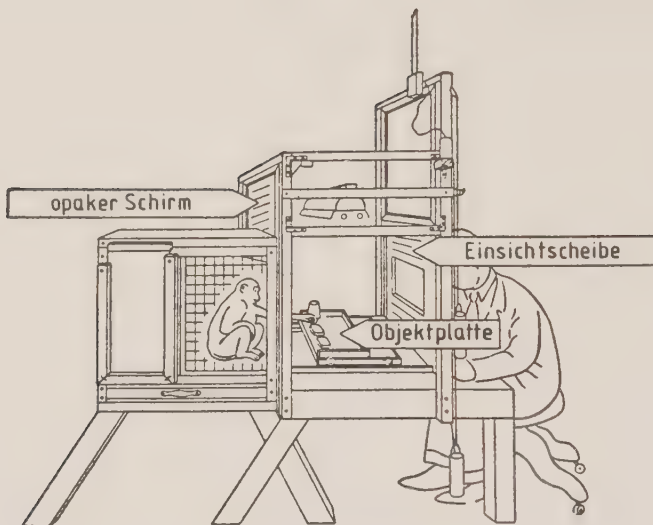


Abb. 28:

Zeichnerische Darstellung des Wisconsin-Testapparates. Die Abbildung zeigt das Versuchstier bei der Bearbeitung einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe (nach Meyer & Harlow, 1949).

Diese naturnahen, dreidimensionalen Reize werden bis zum heutigen Tage in Untersuchungen mit Affen verwendet. Premack (1978) sieht darin eine mögliche Ursache für die im Vergleich zu Tauben häufig besseren und konsistenteren Leistungen von Affen in Verhaltensversuchen. Daß dreidimensionale Reize markanter sein können als zweidimensionale, wurde bereits Mitte des Jahrhunderts von Harlow beschrieben (zitiert in Meyer, Treichler & Meyer, 1965). Harlow verglich in systematischen Untersuchungen, wie sich unterschiedliche Reize auf das Lernen von Diskriminationen auswirken. Affen machten weniger Fehler und lernten somit schneller, wenn sie Objekte unterscheiden mußten. Dreidimensionale Reize beschleunigten als effektive Katalysatoren Lernprozesse. Dies ist auch bei behinderten Kindern demonstriert worden. Diese Kinder generalisierten

Bezeichnungen für Objekte besser, wenn sie mit dreidimensionalen Reizen statt mit zweidimensionalen Abbildungen von Objekten trainiert worden waren (Salmon, Pear & Kuhn, 1986).

Auch bei Ratten, einer im Vergleich zu Primaten früher entstandenen Säugergruppe, gibt es Hinweise auf die Effektivität dreidimensionaler Reize. Kay & Oldfield-Box (1965) trainierten Lerneinstellungen bei Ratten in einer Versuchskammer, die in Anlehnung an die Wisconsin-Apparatur entwickelt worden war. Diese Tiere lernten die Aufgaben schneller als Ratten, die im Rahmen einer anderen Untersuchung mit zweidimensionalen Reizen trainiert worden waren (Wright, Kay & Sime, 1963).

Die Wirkung dreidimensionaler Reize auf das Lernen bei Vögeln, kann fast nur anhand von Experimenten zu Lerneinstellungen beurteilt werden. Plotnik & Tallarico (1966) untersuchten diese Fähigkeit bei jungen Hühnern. Die Tiere wählten mit ca. 70% Richtigen in Durchgang 2 außerordentlich gut. Allerdings kann aufgrund dieser Arbeit nur vorsichtig auf die Effizienz von plastischen Objekten rückgeschlossen werden. Die Studie ist wegen methodischer Mängel kritisiert worden (Kamil & Hunter, 1970; Macphail, 1982).

Auch Vögel aus der Gruppe der Corviden lernten mit dreidimensionalen Reizen in einer WGTa - ähnlichen Apparatur eindrucksvoll den Erwerb von Lerneinstellungen (Hunter & Kamil, 1971; Kamil & Hunter, 1970). Sie konnten diese kognitive Leistung im Gedächtnis über einen Zeitraum von fünf Monaten abspeichern (Kamil, Lougee & Shulman, 1973). Die Autoren sahen diese Ergebnisse als durchaus vergleichbar mit den bei Affen nachgewiesenen Ergebnissen.

Die Arbeit von Benjamin (1983) untersuchte den Erwerb von "oddity" - Diskriminationen mit dreidimensionalen Reizen. Raben und Heringsmöven lernten die Unterscheidung anhand einer Vielzahl von Beispielen. Bei neuen Aufgaben wählten sie mit 90% bis 92% Richtigen weit über Zufall. Der Autor verglich die demonstrierten Leistungen mit denen, die von Schimpansen, Gorillas und Makaken gezeigt werden können.

Leider wurden im Rahmen dieser Untersuchungen keine Vögel auf zweidimensionale Reize trainiert. Die Lernleistungen bei der Diskrimination zweidimensionaler und dreidimensionaler Reize können nicht verglichen werden. Über den Einfluß dreidimensionaler Reize auf das Lernen von Aufgaben in diesen Untersuchungen kann keine eindeutige Aussage gemacht werden. Eindeutiger sind die vorher referierten Studien. Sie deuten darauf hin, daß dreidimensionale Reize Lernprozesse beschleunigen. Deshalb sollten Tauben im nächsten Versuch Objekte diskriminieren. Sie sollten dann die Gleich-Ungleichunterscheidung besser einsetzen können als in den bisherigen Untersuchungen. Die Trainingszeiten sollten sich verkürzen.

Im folgenden wird die Apparatur beschrieben, die eigens für die Präsentation dreidimensionaler Reize entwickelt worden ist. Sie leitet sich von der klassischen Wisconsin - Apparatur ab, weist jedoch dieser gegenüber einige Verbesserungen auf.

5.2. Methode

Elf Tauben aus örtlichen Züchtungen wurden für das Experiment verwendet. Sieben dieser Tiere hatten bereits an einem Versuch teilgenommen, bei dem sie gelernt hatten, kugelige von nicht-kugeligen Objekten zu unterscheiden (Delius, in Vorb.). Die restlichen Tauben mußten in einem Versuch multiple Reize diskriminieren (Dahm, 1987).

Das Experiment wurde in einer konventionellen Skinnerbox durchgeführt. Sie bestand aus Aluminium und war 33 cm breit, 35 cm tief und 37 cm hoch. Zugänglich war sie durch eine 18 x 31 cm große Einlaßklappe an der Frontseite. Die Skinnerbox war für das Experiment besonders umgebaut worden. In der hinteren Wand 5 cm oberhalb des Bodengitters hatte sie eine 14 cm breite und 10 cm hohe Öffnung. Sie ermöglichte den Tauben den Zugang zur horizontalen Arbeitsfläche (Abb. 29). Sie bestand aus Aluminium und maß 17 x 10 cm. In die Arbeitsfläche waren drei Löcher gebohrt. Sie waren 3,5 cm von dem der Taube zugewandten Rand entfernt. Ihr Durchmesser

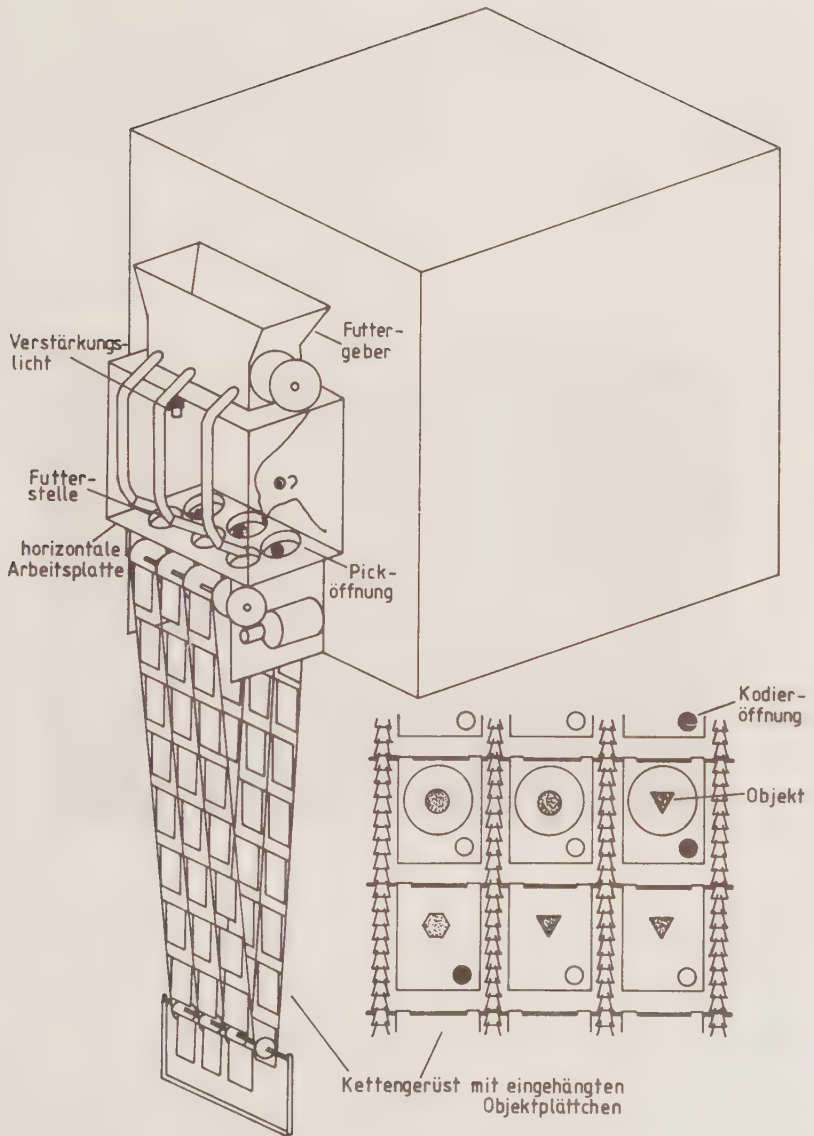


Abb. 29:

Schematische Darstellung der Skinnerbox zur Präsentation von dreidimensionalen Reizen. Die rechte untere Abbildung zeigt vergrößert Dreierkombinationen von Objektplättchen mit aufgeklebten Objekten (verändert nach Delius, in Vorb.).

maß 22 mm. Der Abstand von einer Öffnung zur anderen betrug 17 mm. Unterhalb dieser Öffnungen wurden die Objekte präsentiert. Es waren Pailletten, Perlen, Knöpfe, Plastikteilchen und Kleinteile wie Schrauben, Widerstände, Muttern und Kondensatoren (Abb. 30). Sie variierten in Form, Farbe, Helligkeit, Dicke, Größe, Struktur, Material und Textur. Die



Abb. 30:

Beispiele der Objekte, die in den verschiedenen Phasen des Experiments verwendet wurden.

Reize waren mindestens 2 mm dick. Der größte Durchmesser betrug 7 mm. Maximal waren sie 12 mm lang. Die kleinen Objekte wurden auf 3 x 3,7 cm große verzinnzte Stahlplättchen aufgeklebt (Abb. 29), die in ein Kettengerüst eingehängt werden konnten. An seiner tiefsten Stelle war das Gerüst mit einer Aluminiumvorrichtung beschwert. Es wurde über Zahnräder fortbewegt, die von einem 12 V Motor angetrieben wurden. Auf einen Impuls vom Rechner hin setzte der Motor

das Gerüst in Gang und die Objekte erschienen hinter den Arbeitsflächenöffnungen.

24 Dreieranordnungen von Reizen konnten pro Durchlauf des Kettengerüsts präsentiert werden. Die Reize konnten mittels dreier 3 W/24 V Birnen, die unterhalb der Arbeitsfläche montiert waren, beleuchtet werden. Jedes Objektplättchen war am rechten unteren Rand mit einer Kodieröffnung versehen. Auf diese Weise konnte die Art der Reize z.B. Gleich-Ungleich- oder Testreiz vermerkt werden. Photozellen konnten den Zustand dieser Kodierlöcher lesen und übermittelten ihn an den Rechner. Sie waren in der Unterlage unterhalb der Arbeitsfläche angebracht, auf der die Plättchen präsentiert wurden. Für die Tiere waren die Öffnungen nicht sichtbar, da sie durch kleine Plättchen verdeckt wurden.

5 mm jenseits der Öffnungen, die den Zugang zu den Objekten freigaben, waren in gerader Linie drei 20 mm große Futternapfe angebracht. Die gesamte Arbeitsfläche war von einem 14 cm breiten, 11 cm hohen und 10 cm tiefen durchsichtigem Plexiglasgehäuse umgeben. Mittels zweier Verschlüsse wurde es passig an der hinteren Wand der Skinnerbox befestigt. In der Mitte des Dachs waren 3 cm von der äußeren seitlichen Begrenzung entfernt zwei Einschlüsse. Von hier aus beleuchteten zwei 50 mA Birnen, die Hauslichter, die Arbeitsplatte. Oberhalb des Gehäuses waren 3 Aluminiumbalken in U - Form an der hinteren Kammerwand angebracht. Ihre äußere Begrenzung verlief ungefähr wie der Gehäuseumriß. Hier waren ein Verstärkungslicht und drei Futtergeber in direkter Linie oberhalb der Futterstelle befestigt. Von den Futtergebern ausgehende Schläuche wurden durch die hintere Gehäusewand geführt und mündeten in die Futternapfe. Im Belohnungsfall gaben sie einige Hirsekörner in die Napfe.

Ein Heimcomputer steuerte die Versuche und registrierte die Ergebnisse. Er gab sie über einen Drucker am Ende einer Sitzung aus.

Vor diesem Experiment hatten 7 der 11 Tauben an einem Experiment teilgenommen, bei dem sie kugelige von nicht-kugeligen Objekten unterscheiden mußten (Delius, in

Vorb.). Pro Durchgang waren zwei kugelige und ein nicht-kugeliges oder ein kugeliges und zwei nicht-kugelige dreidimensionale Reize gezeigt worden. Eine Reaktion auf eins der kugeligen Objekte der Dreieranordnung war mit Futter verstärkt worden. Um die Tiere an die veränderte experimentelle Prozedur heranzuführen, wurden zu Beginn des Gleich- Ungleichversuchs drei Objekte folgendermaßen präsentiert. Zwei der Reize bestanden aus gleichen oder zumindest ähnlichen Kugeln oder Tropfen und einem nicht-kugeligen Objekt. Das nicht-kugelige Objekt konnte an allen drei möglichen Positionen erscheinen. Nach einem Picker auf einen der ähnlichen oder gleichen Reize gab es Futter in den Napf, der dem gewählten richtigen Reiz am nächsten war. Gleichzeitig leuchtete das Verstärkerlicht auf. Anschließend wurden die nächsten drei Objekte präsentiert. Die Reize stammten aus dem früheren Konzeptexperiment. In der zweiten Sitzung wurden in jedem Durchgang zwei gleiche Kugeln oder zwei gleiche kugelhähnliche Objekte und ein ungleicher nicht-kugelig Reiz gezeigt. Wenn die Tiere einen der identischen Reize wählten, wurden sie verstärkt. Die Tauben wurden auf diese Weise trainiert bis sie stabil über Zufall diskriminierten. Dann wurden die Reizkombinationen erweitert. Zum größten Teil erschienen Reize aus Gleichpaarungen nun als ungleiche Reize. Umgekehrt wurden vormals ungleiche Reize nun zusammen mit einem weiteren Reiz als gleiches Paar gezeigt. Bei den gleichen Reizpaaren erschienen somit auch nicht-kugelige, bei den ungleichen Reizpaaren kugelige Objekte.

Ab der siebten Sitzung mußte nicht mehr nur einer der beiden gleichen Reize gepickt werden. Die Tiere mußten auf beide Reize reagieren. Für jeden Picker gab es Futterverstärkung. Ab der 19. Sitzung wurde der erste Picker auf einen ungleichen Reiz nur noch sekundär mit dem Aufleuchten des Verstärkerlichts belohnt. Die Wahl des zweiten gleichen Reizes wurde mit Futter verstärkt. Beginnend mit der 21. Sitzung mußten die Tiere in Folge auf die zwei gleichen Reize reagieren, um Belohnung zu bekommen. Wenn sie nach einer richtigen Wahl falsch wählten, wurden

die aufgezeichnete richtige Reaktion im Rechnerspeicher gelöscht. Ab Sitzung 25 erschienen die beiden gleichen Reize stets nebeneinander. Sie waren nicht mehr durch einen ungleichen Reiz in der mittleren Position getrennt.

Von der 34. Sitzung an wurde damit begonnen, die Reize auszubalancieren. Jeder Reiz kam innerhalb einer Sitzung sowohl in einer gleichen als auch in einer ungleichen Paarung vor. In den bisherigen Sitzungen hatte der Drucker jede Wahl eines Objekts protokolliert. Ab Sitzung 36 druckte er nur nach einer falschen Reaktion und nach zwei richtigen Reaktionen, die in Folge abgegeben wurden. Während des Druckens hatten Picker auf die Objekte keinerlei Effekt. Wahlen des richtigen identischen Reizes führten nicht zu Belohnung. Durch diese Änderung sollte verhindert werden, daß die Tiere sich dem falschen ungleichen Reiz zuwandten.

In den bisherigen Sitzungen war es den Tieren freigestellt, welches der beiden identischen Objekte sie zuerst wählten. Dies änderte sich ab Sitzung 39. Hier wurde mit der Wahl-nach-Muster - Prozedur begonnen.

Ein Durchgang begann mit dem Anschalten des Hauslichts und der Beleuchtung des Musterreizes. Sobald die Tiere zehnmal (anfangs einmal) den Reiz gepickt hatten, leuchtete eine Sekunde lang ein Verstärkerlicht auf. Die Beleuchtung des Musterreizes schaltete sich aus und die beiden Vergleichsobjekte wurden angestrahlt. Ein Objekt war mit dem Musterobjekt identisch, das andere war verschieden. Wenn die Taube zehnmal auf den identischen Reiz pickte, schaltete sich die Beleuchtung der Vergleichsreize aus. Futter wurde in den Napf hinter dem identischen Vergleichsobjekt gegeben und das Verstärkerlicht schaltete sich 4 Sekunden lang ein. Dann verloschen das Hauslicht und das Verstärkerlicht. Innerhalb von 3 Sekunden wurden die nächsten drei Objekte unter die Öffnungen der Arbeitsplatte gefahren.

Wenn das Tier das ungleiche Objekt wählte, schalteten sich das Hauslicht und die Objektbeleuchtung aus. Nach 6 Sekunden wurden die gleichen Objekte präsentiert. Falsch diskriminierte Kombinationen wurden so lange gezeigt bis die Tiere einen Durchgang mit der richtigen Wahl abschlossen. Die

Ergebnisse der korrigierten Durchgänge wurden für die Auswertung nicht berücksichtigt.

Eine Sitzung bestand aus 48 Durchgängen. 24 Kombinationen von drei Objekten wurden zweimal nacheinander präsentiert. Die in einer Sitzung verwendeten Reize wurden zufällig aus einer Kollektion von 52 Objekten ausgewählt. Jedes verwendete Objekt erschien sowohl als identischer wie als verschiedener Vergleichsreiz. In 12 Durchgängen erschien das gleiche Objekt als linker, in der anderen Hälfte als rechter Vergleichsreiz. Die Position wurde durch eine quasi-zufällige Sequenz bestimmt (Fellows, 1967).

Zu Beginn des Experiments wurden die Kombinationen für jede Sitzung neu zusammengestellt. Nach 10 Sitzungen wurde dieses Verfahren geändert. Die Kombinationen erschienen nun wiederholt in aufeinanderfolgenden Sitzungen, bis die Tiere mit ca. 80% Richtigen diskriminierten. Dann erst erschienen die Reize neu kombiniert. Nach 19 Sitzungen wurden zusätzlich vier Tauben in das Experiment aufgenommen. Im Gegensatz zu den anderen Tieren wurden sie für Wahlen des ungleichen Reizes verstärkt. Picker auf das mit dem Musterreiz identische Objekt wurden bestraft. Ansonsten war die Versuchsdurchführung mit der anderen Gruppe identisch. Diese Gruppe wurde hinzugenommen, um das Erlernen und den Transfer der Diskrimination bei den beiden Gruppen vergleichen zu können.

Bevor das Experiment begann, konnten die neu hinzugenommenen Tauben die erfahrenen Tauben bei der Wahl-nach-Muster - Aufgabe beobachten. Dazu wurden zwei Tiere in zwei Beobachterkäfige gesetzt. Sie standen direkt neben der Skinnerbox, so daß die Modelltauben bei der Diskrimination gut betrachtet werden konnten. Jedes Tier beobachtete in zwei Tagen insgesamt sieben Versuchssitzungen, bevor es mit der Gleich- Ungleichunterscheidung konfrontiert wurde.

In der ersten Sitzung erschienen Muster- und verschiedener Vergleichsreiz mit aufgeklebten Hirsekörnern auf den Objektplättchen. Wahlen des Muster- und richtigen Vergleichsreizes wurden mit Futter verstärkt. Ab der zweiten

Sitzung leuchtete nach Pickern auf den mittleren Reiz nur noch das Verstärkerlicht auf. Nur Reaktionen auf den ungleichen Reiz wurden zusätzlich mit Futter belohnt. Wenn die Tiere den identischen Vergleichsreiz wählten, verdunkelte sich für 6 Sekunden die Versuchskammer. Anschließend mußten die Tauben die Kombination erneut bearbeiten. Im Gegensatz zur Gleichgruppe umfaßte die Kollektion der Trainingsreize bei der Ungleichgruppe von Beginn an 52 verschiedene Objekte. Eine Taube der Ungleichgruppe starb nach der 23. Sitzung. Die Wahlen der nachfolgenden Sitzungen beruhen deshalb auf den Wahlen von drei Tauben.

Wenn die Tiere in drei aufeinanderfolgenden Sitzungen im Durchschnitt mit ca. 80% richtig wählten, gab es eine Testsitzung. Nach dem ersten Test wurde das Kriterium geändert. Dann wurden Tests nur noch durchgeführt, wenn die Tiere in jeder Sitzung mit mindestens 80% Richtigen diskriminierten. Bedingt durch aufgetretene Defekte und Ausfälle der Apparatur konnte diese Mindestzahl von drei Kriteriumssitzungen überschritten werden. Eine Testsitzung bestand aus 18 zufällig ausgewählten Trainingsobjekten. Jedes Objekt kam als identischer wie als verschiedener Vergleichsreiz vor. Seine Position an der linken oder rechten Seite der Reizkonfiguration wurde vom Zufall bestimmt. In diese Trainingskombinationen wurden zufällig 6 Testkombinationen gemischt. Sie setzten sich aus 6 neuen Reizen zusammen und wurden nur in der Testsitzung gezeigt. Neue Reize traten weder in den ersten noch in den letzten drei Durchgängen einer Sitzung auf. Im Gegensatz zu den Trainingsobjekten erschien jedes Testobjekt auf allen drei Positionen der Konfiguration. Es war an linker, mittlerer und rechter Stelle der Konfiguration vertreten. Bei drei Testkombinationen erschien der ungleiche Reiz auf der linken Position, bei den anderen erschien er rechts vom Musterreiz. Wahlen der Testobjekte wurden, je nachdem ob sie richtig oder falsch waren, belohnt bzw. bestraft. Die erstmalige Wahl wurde als Transferleistung gemessen.

Insgesamt gab es sieben Tests. In den ersten fünf waren

die neuen Objekte ähnlich den bisher verwendeten. In den letzten zwei Tests waren sie von anderer Art als die Trainingsobjekte. Diese Testreize wurden aus bunten Plexiglasplättchen hergestellt. Allerdings war die Anzahl der Dimensionen anhand derer die Objekte variieren konnten, eingeschränkt. Die Objekte konnten von unterschiedlicher Farbe und Helligkeit sein. Die Struktur und Beschaffenheit der Oberfläche war bei allen Objekten gleich. Alle Reize waren 3 mm dick. Im ersten Test waren die Formen der neuen Reize z.T. in Anlehnung an die Trainingsreize ausgewählt worden. Im zweiten Test waren sie in einem größeren Ausmaß davon verschieden (Abb. 30).

Gegen Ende des Experiments begannen die Tiere aus nicht näher bekannten Gründen unregelmäßig zu reagieren. Nicht alle Tauben nahmen deshalb an allen Tests teil. Bei der Gleichgruppe nahmen am letzten Test nur 5 Tiere teil. Bei der Ungleichgruppe waren es bei den unähnlichen Tests nur 2 Tiere.

5.3. Ergebnisse

Der Prozentsatz richtiger Wahlen wurde am Ende der Sitzung ausgegeben. Dies geschah für alle präsentierten Kombinationen. Getrennt davon protokollierte der Drucker während der Tests auch die richtigen Wahlen bei den Testkombinationen. Auf der Grundlage der ersten 24 Durchgänge wurden die durchschnittlichen richtigen Wahlen des Trainings und der Tests errechnet. Dies geschah separat für die Gleich- und Ungleichgruppe.

Abbildung 31 zeigt die durchschnittlichen richtigen Wahlen der Gleichgruppe. Die Tiere wählten zu Beginn des Wahl-nach-Muster - Experiments in der Nähe des Zufalls. Sie verbesserten ihre Leistungen nur langsam. Im Vergleich hierzu verbesserte die Ungleichgruppe ihre richtigen Wahlen schneller. Wie Abbildung 32 darstellt diskriminierten diese Tauben bereits ab der dritten Sitzung mit 60% Richtigen, in der fünften Sitzung mit 70% Richtigen.

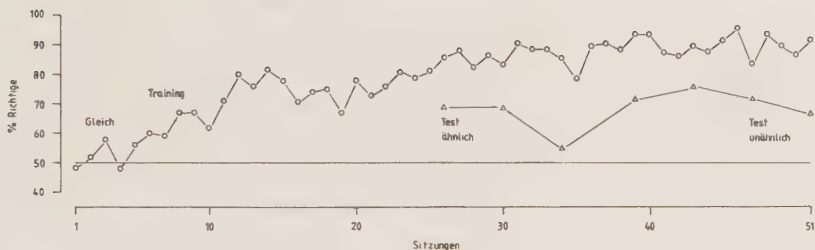


Abb. 31:

Mittelwerte der Gleichgruppe bei den Trainings- und Testpaarungen

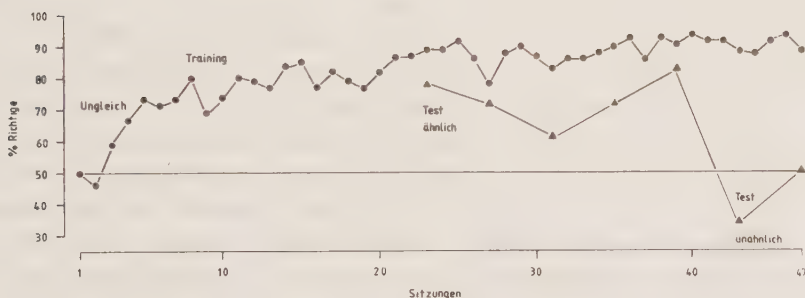


Abb. 32:

Mittelwerte der Ungleichgruppe bei den Trainings- und Testobjekten

Die Gleichgruppe wählte erst nach 11 Sitzungen ähnlich gut. Auch der statistische Test bestätigt für die ersten zehn Sitzungen einen signifikanten Unterschied zwischen der Gleich- und der Ungleichgruppe ($F(1,9) = 9.71$; $p < .05$; Varianzanalyse für unabhängige Messungen, Kirk, 1968). Im späteren Verlauf des Versuchs wählten beide Gruppen ähnlicher. Sie diskriminierten ähnlich gut. Die Gleichgruppe erreichte nach 25 Trainingssitzungen das Kriterium zur Durchführung eines Tests. Die Ungleichgruppe wurde bereits

nach 22 Sitzungen mit neuen Reizen konfrontiert. Beide Gruppen diskriminierten die Trainingsreize während der Phase der eingeschobenen Tests ähnlich gut. Typischerweise wählten beide Gruppen in den drei Sitzungen nach einem Test mit ca. 80% Richtigen. Bereits in der vierten Sitzung nach einem Test konnte dann ein erneuter Test gegeben werden. Während der letzten zehn Sitzungen des Experiments unterschieden sich die beiden Gruppen in der Diskrimination der Trainingsobjekte nicht. Die Gleichgruppe wählte zu ca. 90% richtig, die Ungleichgruppe zu ca. 91% richtig. Insgesamt besehen sind die Lernraten beider Gruppen ähnlich. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht darin, daß die Ungleichgruppe die Diskrimination zu Beginn schneller lernte als die Gleichgruppe.

Die Tiere beider Gruppen konnten nicht nur die Trainingsobjekte gut unterscheiden. Sie konnten die Diskrimination auf neue, ihnen unbekannte Objekte transferieren. Mit Ausnahme eines Tests diskriminierten sie in den Tests der ersten Serie über Zufall. Nur im dritten Test wählten sie zufällig. Die statistische Prüfung bestätigt für die Gleichtests einen signifikanten Unterschied vom Zufall ($t(6) = 2.78$; $p < .025$ oder besser). Auch die Ungleichgruppe diskriminierte mit der Ausnahme des dritten Tests vom Zufall verschieden. Allerdings konnte ein signifikanter Unterschied nur für den letzten Test abgesichert werden ($t(2) = 3.40$; $p < .05$ einseitig; T-Test nach der Student-Verteilung, Clauß & Ebner, 1977). Dies resultierte vermutlich aus der vorhandenen großen Varianz bei wenigen Versuchstieren. Es sei daran erinnert, daß die Gleichgruppe aus sieben Tieren und die Ungleichgruppe nur aus drei Tieren bestand. Abbildung 32 zeigt deutlich, daß die durchschnittlichen Wahlen in den Tests bei der Ungleichgruppe breit streuten. Im Gegensatz dazu verbesserte die Gleichgruppe ihre Leistungen von Test zu Test. Nur der dritte Test bildete eine Ausnahme. Hier wählten die Tiere beider Gruppen in der Nähe des Zufalls. Insgesamt betrachtet wählten beide Gruppen ähnlich. Dies zeigen die durchschnittlichen richtigen Wahlen der ersten Testserie

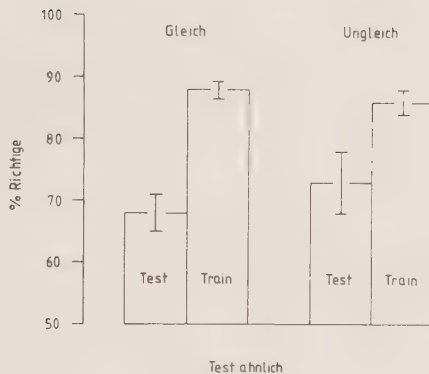


Abb. 33:

Mittelwerte mit Standardfehler in den Testsitzungen mit Objekten ähnlich den Trainingsobjekten. Die Wahlen bei den Test- und Trainingspaaren wurden für die Gleich- und Ungleichgruppe getrennt aufgeführt.

deutlich. Abbildung 33 veranschaulicht diese Wahlen für die Gleich- und Ungleichgruppe getrennt nach Training und Test. Die Gleichgruppe diskriminierte im Training mit 88% Richtigen. Die Ungleichgruppe wählte mit 86% Richtigen nur geringfügig schlechter. Im Test unterschieden die Tiere geringfügig schlechter. Die Tauben erzielten in den Gleichtests 68%, und in den Ungleichtests 73% richtigen Wahlen. Eine Varianzanalyse für unabhängige Gruppen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Leistungen in den beiden Testserien ($F(1,8) = 0.51$; $p > .25$, Kirk, 1968).

In der zweiten Testserie wählten die Gruppen deutlich unterschiedlich. Die Trainingsobjekte diskriminierten die Tiere ähnlich gut wie in den vorhergehenden Sitzungen. Die Gleichgruppe unterschied im ersten Test mit den andersartigen Reizen geringfügig schlechter. Im Test wählten die Tiere trotz der unähnlichen Reize nicht wesentlich schlechter als in der ersten Testserie. Die Wahlen unterschieden sich signifikant vom Zufall ($t(6) = 2.71$; $p <$

.025; $t(4) = 2.27$; $p < .05$ einseitig; T-Test nach der Student-Verteilung, Clauß & Ebner, 1977). Deutlich davon verschieden wählte die Ungleichgruppe. Die Wahlen sanken in der zweiten Testserie in die Nähe des Zufalls ab. Der T-Test bestätigt, daß sie sich nicht signifikant vom Zufall unterscheiden ($t(1) = 0.96$; $p > .25$; $t(1) = 0$; $p > .25$). Die Leistungen im Training wurden durch die andersartigen Testobjekte nicht beeinträchtigt. Abbildung 34 zeigt wie die beiden Gruppen im Training und im Test wählten. Die

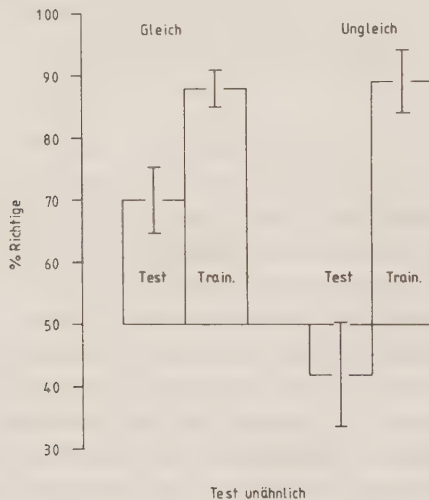


Abb. 34:

Mittelwerte mit Standardfehler in den Testsitzungen mit den unähnlichen Objekten. Die Test- und Trainingswahlen wurden getrennt dargestellt für die Gleich- und Ungleichgruppe.

Leistungen im Training waren sehr ähnlich. Die Gleichgruppe diskriminierte mit 88% Richtigen, die Ungleichgruppe mit 89% Richtigen. Die Wahlen im Test unterschieden sich dagegen deutlich. Die Gleichgruppe diskriminierte mit 70% Richtigen geringfügig besser als in der ersten Testserie. Deutlich davon verschieden wählte die Ungleichgruppe mit ca. 42%

Richtigen knapp unter Zufall. Auch die durchgeführte Varianzanalyse für unabhängige Gruppen bestätigte, daß sich die Wahlen der beiden Gruppen in der zweiten Testserie signifikant unterschieden ($F(1,5) = 7.38$; $p < .05$, Kirk, 1968).

5.4. Diskussion

Tauben können im Experiment eine Unterscheidung nach gleich und ungleich lernen, wenn sie innerhalb einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe dreidimensionale Objekte unterscheiden. Die Diskrimination ist nicht auf die Trainingsobjekte begrenzt. Die Tiere können die Unterscheidung auch bei neuen Objekten einsetzen.

Innerhalb des Experiments wurde eine Gruppe von Tieren für Wahlen des identischen, die andere für Wahlen des ungleichen Vergleichsreizes belohnt. Die Gruppen lernten und transferierten die Diskrimination deutlich unterschiedlich. Die Gleichgruppe war durch den früheren Versuch erfahren in der Anwendung von relationalen Regeln. Allerdings ermöglichte ihr dieser Vorteil nicht, die Diskrimination ähnlich schnell zu lernen wie die Ungleichgruppe. Die Ungleichgruppe hatte keinerlei Vorerfahrung mit abstrakten Konzepten in Versuchssituationen. Sie brauchte trotzdem kein langes Training. Sie reagierte spontan auf den ungleichen Reiz. Bereits ab der dritten Sitzung wählten die Tiere überzufällig richtig. Die Wahlen verbesserten sich in den weiteren Sitzungen. Nur in den anfänglichen Sitzungen reagierten die Tiere zufällig. Das läßt sich damit erklären, daß die Tiere die geforderte Aufgabe lernen mußten. Sie mußten sich auf die experimentellen Abläufe einstellen. Die Ergebnisse zeigen, daß in unserem Wahl-nach-Muster - Experiment die Tauben leichter lernten, den ungleichen statt den gleichen Vergleichsreiz zu wählen. Die über die ersten zehn Sitzungen durchgeführte statistische Analyse bestätigte einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Dieser Vorteil beruht auf der "feature-positive" - Wirkung des ungleichen Reizes. Er ist bereits in früheren

Untersuchungen beschrieben worden (Ginsburg, 1957; Mishkin & Delacour, 1975). Dieser Reiz lenkt die Aufmerksamkeit auf sich, weil er aus der Konfiguration durch seine Andersartigkeit heraustritt. Er wird deshalb vermutlich bevorzugt gewählt.

Der "feature-positive" - Effekt beeinflusste die Wahlen nur in den Anfangssitzungen. In den letzten zehn Sitzungen diskriminierten die Tiere beider Gruppen im Training ähnlich. Die Gleichgruppe wählte mit 90% Richtigen, die Ungleichgruppe mit 91% Richtigen.

Wie wirkt sich dieser Effekt auf die Wahlen im Test aus? Diskriminiert die Ungleichgruppe wie zu Beginn des Experiments besser als die Gleichgruppe. Die Leistungen in der ersten Testserie unterscheiden sich kaum. Die Ungleichgruppe wählte geringfügig besser. Aber die Varianzanalyse konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Wahlen der beiden Gruppen bestätigen. Auffällig ist, daß beide Gruppen in Test drei nicht diskriminierten. Die Tiere mußten in diesem Test Objekte unterscheiden, die der Form nach ähnlich den bisher verwendeten waren. Allerdings hatten sie Punkte, Streifen und Muster aufgedruckt. Mit Reizen dieser Art hatten die Tiere wenig Erfahrung. Die Tiere beider Gruppen wählten in der Nähe des Zufalls. Die Ungleichgruppe wählte geringfügig besser als die Gleichgruppe. Bei den Trainingsreizen verschlechterte sich die Diskrimination nicht. Die schlechten Leistungen im dritten Test können darauf beruhen, daß das Gleich-Ungleichkonzept auf Objekte ähnlich der Trainingsdimension begrenzt war. Vielleicht waren die Tiere auch durch die Neuigkeit der Testreize gestört. Anhand der ersten Testserie kann über die Ursache für die zufälligen Wahlen nur gemutmaßt werden. Näheren Aufschluß über diese Frage gibt die zweite Testserie. In diesem Test mußten die Tiere Reize unterscheiden, die unähnlich den bisher verwendeten waren. Die Gleichgruppe verbesserte ihre Leistungen geringfügig von 68% auf 70% Richtige. Die Ungleichgruppe reagierte dagegen nur zufällig. Die Testwahlen der beiden Gruppen unterschieden sich signifikant. Die Diskrimination der

Trainingsobjekte verschlechterte sich nicht. Die Testobjekte als auch ihre Kombination untereinander waren für die beiden Versuchsgruppen identisch. Nicht identisch waren vermutlich die Trainingsreize und deren Kombination. Aber es erscheint nicht besonders wahrscheinlich, daß die schlechten Leistungen der Ungleichgruppe aus der Interferenz von Test- und Trainingskombinationen resultieren. Vielmehr scheinen die Tauben durch die Andersartigkeit der Testobjekte im Vergleich zu den ihnen bekannten Objekten irritiert gewesen zu sein. Die Gleichgruppe war im Gegensatz zur Ungleichgruppe durch das vorherige Experiment an eine große Bandbreite unterschiedlicher Testreize gewöhnt. Die Tiere hatten sogar zweidimensionale Farb- und Musterreize diskriminiert. Obwohl keine Reize des früheren Versuchs verwendet wurden, waren die Tiere doch gewöhnt an eine Kollektion unterschiedlicher Testreize. Der dritte Test zeigt aber, daß dadurch Zufallswahlen nicht grundsätzlich verhindert wurden.

Weil die Gleichtiere sehr adaptiert waren an unterschiedlichste neue Reize, waren sie durch die andersartigen Reize vermutlich nicht irritiert. Sie konnten das Konzept auch bei den unähnlichen Objekten der zweiten Testserie einsetzen. Die Wahlen zeigen, daß die Unterscheidung nicht auf Objekte, die ähnlich den Trainingsreizen sind, beschränkt ist.

Dieses Experiment wie auch das in Kapitel 2 beschriebene führen zu ähnlichen Schlußfolgerungen. Das Einüben der relationalen Unterscheidung und die Gewöhnung an neue Reize allein führen nicht zu stabilen, überzufälligen richtigen Wahlen im Test. Im ersten und letzten Experiment wählten die Tiere in einigen Tests zufällig. Daß die Tiere zufällig reagieren, weil sie durch die Neuigkeit der Testreize irritiert sind, sollte in zukünftigen Untersuchungen ausgeschlossen werden. Deshalb sollten Tauben vor den Tests für längere Zeit an die neuen Reize gewöhnt werden. Zufällige Wahlen durch die Neuheit von Reizen können dadurch möglicherweise verhindert werden.

Wenn Tauben Objekte im Rahmen einer Wahl-nach-Muster -

Aufgabe unterscheiden, können sie Gleich- Ungleich-unterscheidungen lernen und auf neue Reize anwenden. Die Tauben lernten die Diskrimination schneller als in den Untersuchungen, in denen die Wahl als gleich oder ungleich durch die Betätigung einer linken oder rechten Scheibe angezeigt werden mußte. Zusätzlich diskriminierten sie in den Tests besser (Santiago & Wright, 1984; Kapitel 2). Die Wahlen sind nicht besonders verschieden von denen, die Lombardi, Fachinelli & Delius (1984) im Rahmen einer "oddity-from-sample" - Prozedur demonstrierten. Die Tauben diskriminierten neue Reize ähnlich gut wie die Tiere in unserer Untersuchung. Allerdings lernten sie die Unterscheidung nicht so schnell wie die Ungleichgruppe in unserem Experiment. Diese Ergebnisse sprechen nicht uneingeschränkt dafür, daß Objekte das Lernen komplexer Aufgaben im Vergleich mit zweidimensionalen Reizen erleichtern. Auch Cabe (1976) konnte nicht demonstrieren, daß Tauben Objekte leichter als Bilder von Objekten diskriminieren.

In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß die entwickelte Apparatur noch nicht voll ausgereift war. Unter den Picköffnungen befanden sich drei Piezos, die die Picker registrierten. Diese drei Piezos waren nicht völlig voneinander isoliert. Schwingungen, die durch Picker auf ein Objekt ausgelöst wurden, konnten u.U. von dem unter einem anderen Objekt liegenden Piezo aufgezeichnet werden. Durch eine hohe fixe Rate von 10 wurde versucht, diesem entgegenzuwirken. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Tiere durch die neuen Reize irritiert waren und alternierend Picker auf die Objekte der Dreieranordnung abgaben. Auf diese Weise können Registrierfehler ausgelöst und höhere Wahlen im Test verhindert werden.

Die Hypothese von der katalytischen, lernerleichternden Wirkung dreidimensionaler Reize sollte einem Test unterworfen werden. Zwei leistungsgleiche Gruppen von Tauben sollten auf Gleich- Ungleichunterscheidungen trainiert werden. Eine Gruppe von Tauben sollte die Diskrimination anhand von Objekten, die andere anhand von Farbabbildungen dieser Objekte lernen. Solche Abbildungen können auf die

Objektplättchen aufgeklebt werden und in der Apparatur gezeigt werden. Die Lernraten und Testwahlen der beiden Gruppen können dann verglichen werden. Sie würden Aufschluß über die Wirkung von drei- und zweidimensionalen Reizen beim Lernen komplexer Aufgaben geben.

Weitergehend sollte das Umkehrlernen untersucht werden. Wie lernt die Gleichgruppe die neue Aufgabe, den ungleichen Reiz zu wählen? Welche Lernraten ergeben sich, wenn die Ungleichgruppe nun den identischen Vergleichsreiz wählen muß? Können die Tiere ab der ersten Sitzung ihre Wahlen umkehren? Beinhaltet das erfolgreiche Anwenden einer Unterscheidung, daß die Tiere schnell auf die entgegengesetzte Diskrimination umschalten können? Beide Gruppen konnten die zuerst gelernte Unterscheidung stabil anwenden. Sind die Lernraten bei der Umkehraufgabe ähnlich oder lernt die Ungleichgruppe erneut schneller?

Nicht nur die Effektivität dreidimensionaler Reize beim Lernen von Aufgaben sollte demonstriert werden. Zusätzlich sollte untersucht werden, was ihre Effektivität ausmacht. Bisher wurde häufig angenommen, daß das Lernen erleichtert wird durch die Komplexität der Objekte, durch ihre Verschiedenartigkeit auf vielen Dimensionen. Ist die Multidimensionalität die Ursache oder gibt es eine oder mehrere Dimensionen, die der Wirkung der Objekte zugrundeliegen (Meyer, Treichler & Meyer, 1965; Warren, 1954 1954)? In Tests sollte deshalb systematisch die Anzahl der Dimensionen verringert werden. Einzelne Merkmale wie z.B. Textur, Farbe und Plastizität sollten isoliert werden, um auf diese Weise dominante Dimensionen herauszufiltern, falls sie existieren.

Die Tauben haben die Unterscheidung mit der zuletzt verwendeten Methode gelernt. Der Weg ist somit frei zur Untersuchung einer weiteren kontrovers diskutierten, bis heute nicht endgültig geklärten Fragestellung. Zu Beginn dieser Arbeit wurden die eindrucksvollen Leistungen von Tauben geschildert, Bilder nach vielerlei Kategorien zu unterscheiden. Bis heute ist nur sehr selten untersucht worden, ob Abbildungen für Tauben äquivalent zu den

dargestellten Objekten sind (siehe Cabe, 1980; Herrnstein, 1984 zur Übersicht). Die neuentwickelte Skinnerbox ist ein geeignetes Vehikel, um dieser Frage nachzugehen. Tauben können in einem Wahl-nach-Muster - Experiment z.B. lernen, dreidimensionale Musterreize von zweidimensionalen Vergleichsreizen zu unterscheiden. Untersuchungen dieser Art würden zusätzlichen Aufschluß über die Bildwahrnehmung bei Vögeln im Vergleich zum Menschen und somit Hinweise auf die Evolution des Wahrnehmungsapparates liefern.

6. Abschlußdiskussion

Das letzte Experiment hat gezeigt, daß die Wahl-nach-Muster - Methode ein geeignetes Verfahren ist, um das Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben zu untersuchen. Wenn dieses Verfahren angewendet wird, können Tauben Gleich- Ungleichunterscheidungen anhand von dreidimensionalen Reizen im Experiment lernen und neue Reize verallgemeinernd nach einem universellen Prinzip unterscheiden. Wahl-nach-Muster - Experimente waren wegen des Vorteils beim Lernen von "oddity" - Diskriminationen mehrfach kritisiert worden. Sie erschienen ungeeignet. Zu Beginn dieser Arbeit wurde deshalb versucht, das Gleich- Ungleichkonzept mittels anderer Methoden nachzuweisen. Die Tiere mußten ihre Wahl als gleich oder ungleich durch die Betätigung einer linken oder rechten Pickscheibe anzeigen. Sie hatten in diesen Versuchen große Schwierigkeiten, die Diskrimination zu lernen. Auch als die Tiere gleichzeitig präsentierte identische und ungleiche Reizpaare unterscheiden sollten, gelang es ihnen nicht, ein universelles Prinzip anzuwenden. Deshalb wurde im letzten Experiment das Wahl-nach-Muster - Verfahren doch eingesetzt. Um zu eindeutigeren Aussagen zu gelangen, wurde eine Gruppe von Tauben für Wahlen des verschiedenen, die andere Gruppe für Wahlen des identischen Vergleichsreizes belohnt. Die Leistungen beider Gruppen konnten somit verglichen werden. Der "oddity" - Vorteil zeigte sich besonders deutlich beim Erlernen der Unterscheidung. Die Ungleichgruppe lernte die Unterscheidung schneller als die Gleichgruppe, später glichen sich die Leistungen der beiden Gruppen an. Sowohl im Training als auch in den Tests waren die Wahlen vergleichbar. Die Ungleichgruppe diskriminierte nicht besser als die Gleichgruppe. Deshalb erscheint die Wahl-nach-Muster - Methode als geeignetes Verfahren für die Untersuchung von Gleich- Ungleichunterscheidungen. Folgende Bedingungen haben sich als günstig dafür erwiesen, daß Tauben ein generelles Gleich- Ungleichprinzip im Experiment einsetzen.

Im Experiment müssen für die Tiere ökologisch gerechte

Bedingungen geschaffen werden, so daß sie die Unterscheidung leicht lernen können. Jede Untersuchung muß den biologischen Voraussetzungen des Tieres gerecht werden. Natürliche Kontexte sollten möglichst optimal im Experiment abgebildet werden. Tauben lernten ein universelles Prinzip als sie dreidimensionale Reize unterscheiden mußten, die auf vielen Dimensionen variierten. Objekte sind naturnahe Reize. Auch in der Natur haben Tauben mit Dreidimensionalität zu tun. Solche Objekte sind ökologischere Reize als die oft wenig komplexen schwarz-weißen Muster- oder Farbreize, die Tauben in der Vergangenheit diskriminierten.

Für die Zukunft ist geplant, die Futterverstärkung noch naturnäher zu machen. In der Natur müssen Tauben Sandkörner, Steinchen usw. wegpicken, um an Futterkörner zu gelangen. In analoger Weise sollen die Tauben die richtigen Reize im Versuch wegpicken, um Futter zu bekommen. Wenn ein Reiz richtig gewählt wurde, soll dieser verschwinden, so daß direkt unter ihm dann das Futter präsentiert werden kann.

Auch die Registrierung der Picker auf die verschiedenen Objekte muß verbessert werden. Die Piezos, die die Picker aufnehmen, sollten voneinander isoliert angebracht werden. Picker auf ein Objekt sollten dann ausschließlich von dem unter diesem Objekt liegenden Piezo vermerkt werden.

Die Tiere sollten die Unterscheidung anhand von vielen Reizen, aus denen viele Beispiele gebildet werden können, lernen. Damit soll verhindert werden, daß die Tiere die Aufgaben lösen, indem sie die Kombinationen auswendiglernen. Richtige Wahlen sollen sie nur erzielen können, wenn sie nach gleich und ungleich unterscheiden. Die Kombinationen einer Sitzung sollten so lange präsentiert werden, bis sie weit über Zufall richtig diskriminiert werden. Dann sollten die Kombinationen geändert werden. Auf diese Weise werden die Tiere gezwungen, relationale Unterscheidungen zu treffen.

In nachfolgenden Experimenten sollten die Tiere eine größere Anzahl von Reizen diskriminieren als in diesem Versuch. Am günstigsten erscheint es, die Kollektion der Trainingsobjekte wie im ersten Experiment durch eine

Vielzahl von Tests zu erweitern. Je mehr Reize und Kombinationen die Tiere unterscheiden müssen, desto besser sollte die relationale Regel eingeübt werden. Die Tiere sollten dann bessere Ergebnisse erzielen. Die Tauben wählten in der letzten Untersuchung zwischen 70% und 80% Richtigen. Bei der Gleichgruppe verbesserten sich bei den ähnlichen Testreizen die Wahlen über die Serie der Tests. Durch viele Tests können die Leistungen vielleicht noch verbessert werden, die Wahlen der Gleichgruppe in den Tests deuten darauf hin. Aber allein die relationale Unterscheidung und den Transfer einzuüben reicht nicht aus. Die Tauben wählten im ersten wie im letzten Experiment in einigen Tests zufällig. Solche Ergebnisse konnten durch wiederholte Tests nicht grundsätzlich verhindert werden. Zufällige Wahlen können entstehen, wenn die Testreize die Tiere irritieren, so daß sie das Prinzip nicht mehr anwenden können. Oder die Tiere können die Gleich- Ungleichunterscheidung bei dieser Art von Reizen nicht mehr einsetzen. In den zufälligen Wahlen kommt eine Begrenzung des Konzepts zum Ausdruck. Um zumindest störende Effekte durch die Neuheit der Testreize ausschließen zu können, wird die Methode der Adaptation vorgeschlagen. Die neuen Reize sollen den Tieren vor dem Test über einen ausreichend langen Zeitraum präsentiert werden. Sie können beispielsweise einzeln nur als Musterreiz erscheinen. Picker auf diesen neuen Reiz sollten verstärkt werden. Erst wenn die Tiere an die neuen Reize gewöhnt sind, sollten sie im Test erscheinen. Zufallswahlen weisen dann eindeutiger auf eine Begrenzung des Konzepts hin.

Ein anderes Problem für die Testwahlen ist, daß die Gesamtheit der Reize nicht gleichwertig für die Tiere ist. Sie nehmen manche Reize als markanter, bedeutungsvoller, leichter diskriminierbar wahr als andere und ihre Wahlen werden durch Reizpräferenzen und -aversionen gesteuert (Ingle, 1978). Manche Reize sind für Tauben derart ansprechend, daß sie die Reize wählen, obwohl das mit der Anwendung der relationalen Regel konkurriert. Sie wird außer Kraft gesetzt. Diese Tendenz zeigte sich besonders im letzten Experiment. Die Tiere bevorzugten deutlich blaue

Objekte in Reizkombinationen. Andere Objekte wurden von mehreren oder auch nur von einzelnen Tauben gerne gemieden. Der menschliche Beobachter konnte in diesen Fällen eine mangelnde Diskriminierbarkeit der Reize nicht feststellen. Deshalb liegt der Schluß auf Präferenz- bzw. Aversionseffekte nahe. In biologischen Kontexten ist es für das Überleben wichtig auf manche Reize wie z.B. Futter bevorzugt zu reagieren und z.B. schlecht schmeckende oder giftige Objekte zu meiden. Es ist fraglich, ob ein solches Präferenzverhalten abgebaut werden kann. Wenn es überhaupt gelingt, sollte viel Training und Gewöhnung an neue Reize nötig sein. Dies ist neben den bisher vorgebrachten Argumenten ein weiteres wichtiges Argument für die Benutzung vieler Reize und Beispiele zum Einüben der Unterscheidung.

Auch die Art der Tests ist eine wichtige Variable in Gleich- Ungleichuntersuchungen. Tauben stellen nicht nur aufgrund von Reizpräferenzen der oben genannten Art die relationale Regel zurück. Premack (1978) hat bei der Diskussion einer Studie von Honig (1965) darauf hingewiesen, daß Gleich- Ungleichdiskriminationen erschwert werden, wenn Testreize unterschiedlich ähnlich den Trainingsreizen sind. Es ist leicht möglich, daß das Tier unabhängig von der relationalen Beziehung den ähnlichen Testreiz wählt. Nach Premack (1978, 1983) unterscheiden sich früh und spät entstandene Vertebraten in der Gewichtung des relationalen gegenüber dem absoluten Faktor. Das Wahlverhalten von Tauben sieht er eher durch absolute Reizwertigkeiten gesteuert. Ein solches Verhalten kann vielleicht dadurch verhindert werden, daß die Tiere häufig Testreize diskriminieren müssen. Dadurch üben sie ein, nicht auf die Reize sondern auf die Relation zwischen ihnen zu achten. Premack schlägt vor, im Test gleichwertige Reize zu präsentieren. Eine andere Möglichkeit wäre, die Tiere auf sehr unähnliche oder orthogonale Dimensionen zu transferieren. Solche Transfers auf orthogonale Dimensionen sind nicht nur wichtig, um die Bevorzugung von Reizen, die nach Training und Verstärkung entstanden ist, auszuschalten. Zum anderen wird dadurch sicherer gemacht, daß überzufällige Wahlen auf dem Transfer

eines Konzepts und nicht auf Generalisierung beruhen. Auch in den Experimenten dieser Arbeit wurden die Tiere stets auf unähnliche Reize transferiert. Es reicht nicht, nachzuweisen, daß auch phylogenetisch weit vom Menschen entfernt stehende Vertebraten wie Tauben ein Gleich- Ungleichkonzept einsetzen können. Zusätzlich sollten die Grenzen des Konzepts ausgelotet werden, was durch Transfers auf unähnliche Dimensionen leicht möglich ist. Wie sehr ist das Anwenden des Prinzips an ähnliche Trainingsbedingungen gebunden? In Tests sollte geprüft werden, ob Tauben auch farbige und schwarz-weiße Abbildungen der Trainingsobjekte diskriminieren können. Ebenso sollte die Unterscheidung mit Reizen, die sich nur in einer Dimension unterscheiden, geprüft werden. Die Testreize könnten sich beispielsweise allein in Form, oder in der Farbe oder nur in der Textur unterscheiden. Bis auf diese untersuchte Dimension, die differiert, sollten die Reize ansonsten identisch sein. Interessant wäre auch zu untersuchen, wie die Tauben reagieren, wenn Muster- und Vergleichsreize differieren. Können sie ein Prinzip einsetzen, wenn sie farbige von schwarz-weißen Abbildungen unterscheiden sollen? Ebenso sollte untersucht werden, ob die Tiere ein universelles Prinzip auch bei ganz andersartigen Reizen wie schwarz-weißen geometrischen Mustern oder Strichzeichnungen und -symbolen wie z.B. Buchstaben und bei auditorischen Reizen einsetzen können.

In zukünftigen Experimenten sollte untersucht werden, welche Strukturen des Taubenhirns universelle Gleich- Ungleichunterscheidungen vermitteln. Wie bereits in der Einleitung ausführlich dargestellt unterscheidet sich das Gehirn einer Taube von dem eines Primaten. Es ist kleiner und strukturell anders aufgebaut. Das Primatengehirn hat geschichtete corticale und neocorticale Strukturen. In der Evolution sind diese Neocortexareale in der aufsteigenden Primatenreihe im Vergleich mit Insektenfressern, den Vorläufern der Primaten am meisten expandiert (Stephan & Andy, 1969). Beim Menschen sind diese Strukturen um Faktor drei größer als sie es bei einem Primaten seines

Körpergewichts sein würden (Passingham, 1973). Der Neocortex besteht aus sensorischen, motorischen und Assoziationsgebieten. Insbesondere diese Assoziationsgebiete haben sich bei dem Menschen nah verwandten Affen und in noch größerem Ausmaß beim Menschen ausgedehnt (Passingham, 1975). Der Mensch gilt als das intelligenteste Lebewesen. Weil in der aufsteigenden Primatenreihe die Expansion der Neocortex- und Assoziationsgebiete besonders auffällig ist, werden diese Strukturen nach einer weit verbreiteten Ansicht als anatomisches Korrelat von Kognition, von Lern- und Gedächtnisprozessen angesehen. Da auch Tauben bereits ein universelles Gleich- Ungleichprinzip einsetzen können, kann das Vorhandensein dieser Strukturen keine notwendige Voraussetzung dafür sein. Auch das 2g kleine Taubenhirn hat äquivalente Strukturen für die Vermittlung von verallgemeinernden Gleich- Ungleichunterscheidungen zur Verfügung. Das deutet darauf hin, daß der Hirnaufbau von Tauben und Primaten nicht so verschieden ist, wie lange Zeit angenommen wurde (siehe auch Hodos, 1982). Läsionsstudien an Tauben, die auf Gleich- Ungleichdiskriminationen trainiert worden sind, könnten neben anderen anatomischen und elektrophysiologischen Methoden zusätzlich Erkenntnisse über Äquivalenz und Unterschiede von Tauben- und Primatenhirnen zu Tage fördern.

Die Arbeit hat nachgewiesen, daß bereits Tauben ein Gleich- Ungleichkonzept einsetzen können. Diese kognitive Leistung gehört demnach bereits zur Ausstattung früh entstandener Wirbeltiere. Die Taube aus der Gruppe der Vögel, die vor 170 Millionen Jahren entstanden ist, verfügt über mentale Fähigkeiten wie der am Ende der phylogenetischen Entwicklung stehende Mensch. Frühe Formen des Menschen kristallisierten sich erst zu einem späten Zeitpunkt in der Vertebratenevolution, vor ca. vier Millionen Jahren heraus. Homo sapiens begann erst vor 100000 Jahren die Erde zu bevölkern (Washburn, 1978). Früh entstandene Wirbeltiere wie Tauben und spät entstandene wie Primaten können nach gleich und ungleich unterscheiden. Der Selektionsdruck auf die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten

hat somit nicht erst relativ spät in der phylogenetischen Entwicklung zu wirken begonnen. Er war bereits bei der Entstehung früher Vertebraten vorhanden.

Dies zeigt, daß Ähnlichkeiten und möglicherweise auch Kontinuität von Leistungen und Funktionen die Vertebraten kennzeichnen können. Solche Gleichheiten sind auch zu erwarten, da alle Wirbeltiere einen gemeinsamen Ursprung haben. Andererseits haben die Vertebratengruppen sich in auseinandergedrifteten Linien verzweigt und sich in Anpassung an ihren Lebensraum verschieden entwickelt. Insofern sind Unterschiede, artspezifische Anpassungen aber auch Entwicklungssprünge und das Dazukommen neuer Möglichkeiten nicht ausgeschlossen (Kalat, 1983). Auf dem Hintergrund dieser Argumente sollen nun die Gleich-Ungleichleistungen bei verschiedenen Wirbeltieren verglichen werden.

Tauben und Primaten können Gleich- Ungleichkonzepte anwenden. Bei dieser kognitiven Leistung gibt es keine qualitativen Unterschiede zwischen den beiden Spezies. Zwischen Tauben und Primaten ist bezüglich des Gleich-Ungleichkonzepts nichts qualitativ Neues hinzugekommen. Anhand dieser kognitiven Leistung kann die Encephalisierungshypothese, die das Entstehen von Kognition als neuer Funktion propagiert, nicht gestützt werden. Die Ergebnisse sprechen vielmehr für die Funktionskonservierungshypothese (Walker, 1983). Dieser Ansatz geht von der Prämisse aus, daß die Gehirne aller Wirbeltiere mehr oder minder einheitlich aufgebaut sind. Die Untersuchungen von Hirnstrukturen und Projektionsbahnen weisen solche bestehenden Ähnlichkeiten nach (Cohen & Karten, 1974; Hall, 1972; Ingle, 1973; Pettigrew & Konishi, 1976). So wie der prinzipielle Hirnaufbau der Vertebraten ähnlich ist, so verfügen auch alle Wirbeltiere über Kognition. Kognitive Fähigkeiten gehören demnach zur Ausstattung der Wirbeltiere. Sie haben sich in der Stammesgeschichte nur vervollkommenet. Das Verfügen über kognitive Prozesse wird in Abhängigkeit vom Ausmaß der Vorderhirnentwicklung postuliert (Kap. 1). Dem Vorderhirn wird große Bedeutung für die Vermittlung von

Kognition zugesprochen. Bereits vor hundert Jahren waren für Darwin, fußend auf der Evolutionstheorie, nur quantitative und nicht qualitative Unterschiede denkbar. Diese Idee ist als "mentale Kontinuitätshypothese" bekannt geworden. Auch der Ansatz von Walker (1983) erwartet eher graduelle Unterschiede als das Neuentstehen von Kognition. Ein Vergleich der Gleich- Ungleichunterscheidungen bei Tauben und Affen spricht eher für Unterschiede der ersten Art.

Beide Spezies können vermutlich nach einem universellen Gleich- Ungleichkonzept agieren. Allerdings ist der Nachweis dieses Prinzips im Experiment bei Tauben nicht in so überzeugender Weise gelungen wie bei Affen. Sowohl vergleichende Untersuchungen als auch Einzeluntersuchungen nur an Tauben und Affen bestätigen dies. D'Amato, Salmon, Loukas & Tomie (1986) fanden in ihrer Studie bei Tauben im Gegensatz zu Affen nur schwache Hinweise auf ein Gleichkonzept. Auch Santiago & Wright (1984) und Wright, Santiago & Sands (1984) fanden deutliche Unterschiede in der Gleich- Ungleichdiskrimination beider Spezies. Die Autoren testeten Tauben und Affen in zwei methodisch sehr ähnlich angelegten Experimenten. Während die Tauben im letzten Test mit ca. 70% richtig wählten, diskriminierten die Rhesusaffen mit 85% Richtigen (gemittelt über gleiche und ungleiche Reizpaare). Die Wahlen im Test waren so gut wie die im Training. Die Tauben diskriminierten die neuen Reize schlechter als die alten. Ähnliche Ergebnisse gab es in unserer letzten Untersuchung. Die Gleichgruppe wählte überzufällig in der ersten Testserie zwischen 69% und 76% Richtigen. Die Ungleichgruppe wählte geringfügig besser zwischen 72% und 83% Richtigen. Die Leistungen in den Tests waren schlechter als im Training. Die durchschnittlichen Wahlen betrugen bei der Gleichgruppe 68%, bei der Ungleichgruppe 73%. Affen transferieren das Gleich- Ungleichkonzept in Tests besser als Tauben. Neben den Arbeiten der Wright-Gruppe zeigen das noch mehrere andere Studien. Affen können mit ca. 80% bis 90% Richtigen bei neuen Ungleichaufgaben wählen (Mishkin & Delacour, 1975; Moon & Harlow, 1955; Strong & Hedges, 1966). Neue

Gleichaufgaben können sie neben Delphinen mit 90% richtigen Wahlen und besser lösen (Herman & Gordon, 1974; Mishkin, Prockop & Rosvold, 1962). Solch überzeugende Wahlen im Test sind bisher bei Tauben nicht demonstriert worden (Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984; Santiago & Wright, 1984). In einer Untersuchung von Benjamin (1983) gelang es Raben und Heringsmöven, das Wählen des ungleichen Reizes mit ca. 90% richtigen Wahlen zu transferieren. Die Vögel mußten aus fünf identischen und einem verschiedenen Objekt den ungleichen Reiz auswählen. Leider ist nicht bekannt, inwieweit diese hohen Wahlen durch die "feature-positive" - Wirkung des verschiedenen Reizes in Kombination mit fünf identischen verursacht sind. In das Experiment wurde keine Gruppe aufgenommen, die für die Wahlen des gleichen Objekts verstärkt wurde. Die Leistungen der Ungleichgruppe können nicht mit einer Gleichgruppe verglichen werden. Sie sind deshalb nicht eindeutig und können nur vorsichtig als Beweis für den Transfer eines universellen Prinzips gedeutet werden.

Diese quantitativen Unterschiede können vielleicht durch Verbesserungen der Methodik aufgehoben werden. Mehrere Vorschläge zur Verbesserung der Versuchsdurchführung als auch für die Schaffung einer noch ökologischeren Situation wurden aufgeführt. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß Tauben das Gleich- Ungleichprinzip dann ähnlich gut wie im Training einsetzen können. Falls das gelänge würde das Argumente für die von Macphail vertretene Nullhypothese liefern (Macphail, 1985; Macphail, 1987). In einem überaus umfassenden Überblick verglich er die Lernleistungen der verschiedenen Vertebratengruppen vom Fisch bis zum Säuger (Macphail, 1982). Er fand keine eindeutigen Hinweise auf qualitative oder quantitative Unterschiede, die nicht durch Kontextvariablen verursacht waren. Bitterman (1960; 1965a;b; 1975) hatte bereits früher auf die Bedeutung von Kontextvariablen im Rahmen von vergleichenden Untersuchungen hingewiesen. Unterschiedliche Leistungen können durch unterschiedliche Lernkapazitäten, durch die Speziesvariable, verursacht sein. Sie entstehen aber auch dann, wenn

Experimente den sensorischen, motorischen oder motivationalen Voraussetzungen, die jedes Tier in das Experiment mitbringt, unterschiedlich gerecht werden. Die Lernleistungen können dann differieren, obwohl die untersuchten Tiere solche Aufgaben in der Natur lösen können. Nach Macphail sind Unterschiede in der Lernkapazität zwischen verschiedenen Tieren nicht zu erwarten, weil alle Tiere den gleichen evolutionären Zeitraum zur Entwicklung zur Verfügung hatten. Einzig der Mensch ist durch die Sprache den anderen Vertebraten überlegen. Durch die Einführung der Kontextvariablen ist die Nullhypothese kaum zu widerlegen. Trotzdem ist nur schwer vorstellbar, daß größere Gehirne mit mehr informationsverarbeitender Kapazität nicht auch leistungsfähiger sind als kleinere. Diese Annahme ist durchaus populär (Rensch, 1956; Russel, 1979; Walker, 1983).

Möglicherweise sind früh und spät entstandene Vertebraten unterschiedlich spezialisiert. Früh entstandene Wirbeltiere sind vermutlich sehr spezialisiert auf ihren natürlichen Kontext, so daß sie überleben und sich reproduzieren können. Später entstandene Wirbeltiere mit größeren und differenzierteren Gehirnen sind davon vermutlich unabhängiger. Sie sind nicht so eng spezialisiert auf wenige Bedingungen. Der phylogenetisch zuletzt entstandene Vertebrat, der Mensch, ist ein Spezialist im Unspezialisiertsein (Smith, 1982). Diese unterschiedliche Flexibilität sollte sich auch in experimentellen Kontexten zeigen. Der Mensch kann Gleich- Ungleichunterscheidungen bei allen denkbaren Reizen in vielerlei Situationen anwenden. Diese generelle Anpassungsfähigkeit ist möglicherweise bei anderen Primaten und früher entstandenen Wirbeltieren geringer. Frühe Vertebraten mit relativ kleinerem Gehirn können vermutlich nur für sie bedeutsame Reize nach gleich und ungleich unterscheiden. Im Experiment lernen sie deshalb diese Unterscheidung nur in wenigen, ihnen ökologisch gerecht werdenden Kontexten. Solche Unterschiede in der Anpassung an eine beliebige Vielfalt künstlicher experimenteller Situationen, in der generellen Fähigkeit Probleme zu lösen, erscheinen als plausible Folge begrenzter

neuronaler Kapazität. Diese Unterschiede sollten nicht allein auf Kontextvariablen zurückgeführt werden, die die Lernmöglichkeiten einer Spezies verschleiern (Macphail, 1982 S. 332). Sie sollten durchaus als Indikator für unterschiedliche Lernkapazitäten interpretiert werden.

Bisher wurden die Gleich- Ungleichunterscheidungen stets mit denen von später entstandenen Vertebraten in Beziehung gesetzt. Es erscheint aber auch sinnvoll, diese Leistung mit der von früher entstandenen Vertebraten zu vergleichen. Hodos & Campbell (1969) haben darauf hingewiesen, daß die Vorstellung einer eindimensionalen phylogenetischen Rangskala unzutreffend ist. Viele Wirbeltiere entstammen auseinandergedrifteten Entwicklungslinien. Auch Vögel und Säuger sind aus solch divergierenden Linien hervorgegangen. Da die Vögel keine Vorläufer der Primaten waren, kann über die Evolution von Gleich- Ungleichkonzepten keine Aussage gemacht werden. Diese Fähigkeit kann sowohl von einem gemeinsamen Vorfahr ererbt, als auch aufgrund ähnlicher Selektionsdrücke unabhängig voneinander entwickelt worden sein. Die Untersuchung dieses Konzepts bei anderen Vertebraten könnte nähere Hinweise zu dieser Frage geben.

Auch aus einem anderen Grund ist es interessant, das Gleich- Ungleichkonzept bei früher entstandenen Wirbeltieren zu untersuchen. Nach den Berechnungen von Jerison (1973; 1985) hat zwischen Fischen, Amphibien und Reptilien einerseits und Vögeln und Säugern andererseits ein deutlicher Encephalisierungsschub stattgefunden (Abb. 35). Encephalisation ist nach Jerison das Dazukommen von neuronaler Kapazität über das hinaus, was als Funktion des Körpergewichts erwartet werden kann. Sie ist bei Vögeln und Säugern um Faktor 10 höher als bei den früher entstandenen Wirbeltieren. Letztere können bei gleichem Körpergewicht nie das Hirnvolumen der beiden anderen Vertebratengruppen erreichen. Die Berechnungen von Jerison sind nicht unumstritten. Aber bei Wirbeltieren, die neben dem Menschen einen hohen Encephalisationsgrad haben, gilt das Gleich- Ungleichkonzept als demonstriert (Herman & Gordon, 1974; Benjamin, 1983). Deshalb wäre es interessant zu untersuchen,

ob ein universell einsetzbares Gleich- Ungleichprinzip an eine fortgeschrittene Encephalisierung gebunden ist, oder ob es eine elementare Grundkomponente von Kognition darstellt, die auch von einem relativ kleineren Gehirn vermittelt werden kann.

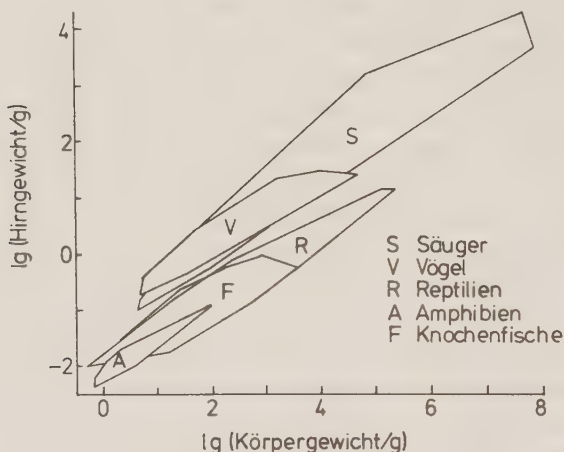


Abb. 35:

Encephalisation bei verschiedenen lebenden Vertebratengruppen. Die Hirngewichte sind für Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger als Funktion des Körpergewichts aufgetragen (nach Jerison, 1985). Zu Erklärungen des Verfahrens siehe Jerison, 1973.

Bis zum heutigen Tage ist strittig, was Lernfähigkeit ist (Bitterman, 1965a; Kalat, 1983; Lockhard, 1971). Sie wird sowohl als qualitativ unterschiedlich wie auch als einheitlicher Prozeß mit nur quantitativen Unterschieden zwischen den Lebewesen definiert. Andere wiederum sehen Lernen als heterogenes Konglomerat spezifischer Anpassungen der Organismen. Unabhängig von dieser Kontroverse erscheint es lohnend, Gleich- Ungleichkonzepte weitergehend zu untersuchen. Die Möglichkeit Reize nach gleich und ungleich zu ordnen, erscheint als elementare Grundfunktion. Sie

sollte im Tierreich weit verbreitet sein. Diese Hypothese wird durch die Befunde von Landeau & Terborgh (1986) gestützt. Sie untersuchten Gleich- Ungleichunterscheidungen bei Fischen in einer sehr ökologischen Situation während des Beutefangs. Der Fangerfolg von Barschen erhöhte sich durch die Anwesenheit von Beutefischen, die sich durch ein andersartiges Aussehen vom Rest der Gruppe abhoben. Somit wird bereits bei Fischen, den zuerst entstandenen Vertebraten, das Verhalten durch Gleich- Ungleichrelationen gesteuert.

Zusammenfassung

Den Ausgangspunkt dieser Arbeit bildete die Kontroverse, ob auch phylogenetisch weit vom Menschen entfernt stehende Wirbeltiere ein Gleich- Ungleichkonzept einsetzen können. Trotz dreißigjähriger Forschungsarbeit war diese Frage noch immer strittig. Die angesammelten Befunde waren uneinheitlich, die Evidenz für diese Leistung spärlich (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974; Lombardi, Fachinelli & Delius, 1984; Malott & Malott, 1970; Pisacreta, Redwood & Witt, 1984; Urcuioli, 1977; Zentall & Hogan, 1974; 1975; 1976). Zudem waren viele Untersuchungen kritisiert worden, die als Demonstration des Gleich- Ungleichprinzips interpretiert wurden (Carter & Werner, 1978; D'Amato, Salmon & Colombo, 1985; Premack, 1978; Wilson, Mackintosh & Boakes, 1985a). Die Messung des Konzepts wurde als inadäquat angesehen. Diesen inkonsistenten Ergebnissen standen Nachweise von beeindruckenden Problemlöse-, Gedächtnis- und Inferenzleistungen gegenüber (Epstein, Kirshnit, Lanza & Rubin, 1984; Vaughan & Greene, 1984; von Fersen, in Vorb.). Diese Arbeiten zeigten, daß kognitive Prozesse bereits bei Tauben verhaltenswirksam sind. Deshalb erschien es wichtig, sich der strittigen Frage nach einem Gleich- Ungleichkonzept bei Tauben erneut zuzuwenden. Wir waren davon überzeugt, daß auch Tauben in ihrer natürlichen Umwelt Unterscheidungen nach gleich und ungleich treffen müssen. Im Rahmen dieser Arbeit sollte ein Verfahren entwickelt werden, das zum überzeugenden Einsetzen einer universellen Regel bei diesen Vögeln führt.

In zweifacher Weise wurde versucht, günstige Bedingungen zu schaffen, damit Tauben im Experiment ein verallgemeinerndes Gleich- Ungleichprinzip anwenden.

Zum einen war das Bestreben, die zwischen den Reizen bestehende relationale Beziehung herauszustellen, sie für die Tiere transparent zu machen. Dies schien in vielen früheren Untersuchungen nicht gelungen zu sein, so daß die Vögel im Training Reiz und richtige Reaktion verknüpften und

in Tests bei neuen Reizen die relationale Regel nicht anwenden konnten. Durch ein unausgewogenes Verhältnis von gleichen und ungleichen Paarungen in einer Sitzung verbunden mit unterschiedlichen Verstärkungen für richtige Wahlen in beiden Bedingungen konnte dies nicht erreicht werden. Die Tauben konnten kein universelles Gleich- Ungleichprinzip einsetzen. Alle Versuche führten nicht zu überzeugenden Ergebnissen, in denen die Tauben ihre Wahl als gleich oder ungleich durch die Betätigung einer linken oder rechten Scheibe anzeigen mußten. Auch wenn die einzelnen Reize einer Paarung nicht nacheinander, sondern wenn gleichzeitig ein identisches und verschiedenes Reizpaar auf den Pickscheiben präsentiert wurde, konnten die Tiere die Unterscheidung nicht leicht lernen. Tauben gelingt es leichter, im Experiment ein universelles Konzept zu erwerben und einzusetzen, wenn sie im Rahmen von Wahl-nach-Muster - Aufgaben trainiert werden. Als günstig hat sich erwiesen, wenn die Tiere die Gleich- Ungleichdiskrimination anhand einer großen Anzahl von Reizen lernen. Diese sollten nicht in festgefügtten Kombinationen gezeigt werden, sondern stets in neuer Zusammenstellung erscheinen. Die Tauben können Reiz und richtige Reaktion in solchen Versuchen nicht auswendiglernen, sie müssen Gleich- Ungleichunterscheidungen treffen.

Auch die Gewöhnung an Transfer scheint das Einsetzen eines verallgemeinernden Prinzips bei neuen Reizen zu erleichtern. Tauben diskriminieren neue Reize häufig schlechter als die bekannten Trainingsreize. Die Ergebnisse sind damit erklärt worden, daß die Neuheit von Reizen Tauben irritiert. Durch die Gewöhnung an neue Reize mittels einer vermehrten Anzahl von Tests kann die Neuheitsaversion anscheinend abgemildert werden.

Zusätzlich wurde versucht, die Ideen und Anregungen aus ökologischen Strömungen bei der Durchführung der Versuche zu berücksichtigen (Timberlake, 1984). Danach können Tiere in natürlichen biologischen Kontexten leicht lernen, so daß sie überleben und sich vermehren können. Im Experiment sollte für das Tier eine ökologisch gerechte Situation geschaffen

werden.

Zum einen sollten die zu diskriminierenden Reize den Tauben gerecht werden. Sie sollten für die Tiere interessant sein, so daß sie diese aufmerksam betrachten. Das genaue Betrachten ist eine notwendige Voraussetzung dafür, daß die Tiere die Gleich- Ungleichbeziehung erkennen können. Zu Anfang dieser Arbeit sollten die Tauben die verallgemeinernde Unterscheidung anhand von zweidimensionalen, schwarz-weißen Mustern lernen. In späteren Experimenten waren es zweidimensionale farbige Reize. Im letzten Versuch mußten die Tiere Objekte diskriminieren, die auf einer Vielzahl von Dimensionen variierten.

Zum anderen wurde auch versucht, mittels der Versuchsdurchführung die Bedingungen im Experiment ökologisch gerecht zu gestalten. Zu Beginn sollten die Tauben die Unterscheidung in einer herkömmlichen Skinnerbox mit vertikal angebrachten Pickscheiben lernen. Später erschienen die Reize ähnlich wie in natürlichen Kontexten horizontal. Futterverstärkung wurde in unmittelbarer Nähe der gewählten richtigen Pickscheibe gegeben.

Die auf der Grundlage der vorher durchgeführten Untersuchungen zuletzt entwickelte Methode hat sich als die effektivste erwiesen. Die Tauben lernten in einer Wahl-nach-Muster - Aufgabe komplexe dreidimensionale Reize zu unterscheiden. Die Zusammenstellung der zu diskriminierenden Objekte änderte sich ständig. Dadurch wurde die Gleich-Ungleichrelation transparent gemacht und eingeübt. Um die Neuigkeitsaversion abzubauen, wurden die Tiere in mehreren Tests an neue Reize gewöhnt. Mittels dieses Verfahrens gelang es, die Anwendung eines universellen Gleich-Ungleichkonzepts bereits bei Tauben nachzuweisen. Die erstmalige Wahl wurde als Transferleistung erhoben. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen schien die Akquisition der Diskrimination verkürzt zu sein. Für künftige Experimente wurde die Methode der Reizadaptation vorgeschlagen. Tauben können möglicherweise dadurch in den Tests ihre Wahlen verbessern.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit muß geschlossen werden, daß bereits Tauben Gleich- Ungleichunterscheidungen verallgemeinernd einsetzen können. Tauben sind vor ca. 170 Millionen Jahren entstanden. Sie entstammen aus einer vom Stammbaum der Säuger divergierenden Linie. Ihr Gehirn wiegt nur ca. 2 g. Es hat keine neocorticalen Strukturen. Dennoch können Tauben wie die in der Evolution später entstandenen Primaten ein Gleich- Ungleichkonzept anwenden. Dieser Befund weist darauf hin, daß auch bei kognitiven Funktionen Ähnlichkeiten und möglicherweise Kontinuität die Vertebraten kennzeichnen.

Acredolo, L.P. & Hake, J.L.: Infant perception. In B.B. Wolman, G. Stricker, S.J. Ellman, P. Keith-Spiegel, D.S. Palermo (Eds.), Handbook of developmental psychology, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., 1982, 244-283.

Aslin, R.N.: Visual and auditory development in infancy. In J.D. Osofsky (Ed.), Handbook of infant development, New York, John-Wiley, 1987, 5-97.

Benjamin, L.: Studies in the learning abilities of brown-necked ravens and herring gulls. I. Oddity learning. Behaviour, 1983, 84, 173-194.

Berryman, R., Cumming, W.W., Cohen, L.R. & Johnson, D.F.: Acquisition and transfer of simultaneous oddity. Psychol. Rep., 1965, 17, 767-775.

Bitterman, M.E.: Toward a comparative psychology of learning. Am. Psychol., 1960, 15, 704-712.

Bitterman, M.E.: The evolution of intelligence. Scient. Am., 1965a, 212, 92-100.

Bitterman, M.E.: Phyletic differences in learning. Am. Psychol., 1965b, 20, 396-410.

Bitterman, M.E.: The comparative analysis of learning. Science, 1975, 188, 699-709.

Blough, D.S.: Discrimination of letters and random dot patterns by pigeons and humans. J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes, 1985, 11, 261-280.

Bower, G.H. & Hilgard, E.R.: Theorien des Lernens. In deutscher Sprache herausgegeben und neu übersetzt von H. Aebli & U. Aeschbacher. Stuttgart, Klett-Cotta; Band I, 1983; Band II, 1984.

Breland, K. & Breland, M.: The misbehavior of organisms. Am. Psychol., 1961, 16, 681-684.

Brodigan, D.L. & Peterson, G.B.: Two-choice conditional discrimination performance of pigeons as a function of reward expectancy, prechoice delay, and domesticity. Anim. Lern. Behav., 1976, 4, 121-124.

Brown, W.L., Overall, J.E. & Blodgett, H.C.: Novelty learning sets in rhesus monkeys. J. comp. physiol. Psychol., 1959, 52, 330-332.

Brown, W.L., Overall, J.E. & Gentry, G.V.: Conceptual discrimination in rhesus monkeys. J. comp. physiol. Psychol., 1958, 51, 701-705.

Cabe, P.A.: Discrimination of stereometric and planometric displays by pigeons. Percept. mot. Skills, 1976, 42, 1243-1250.

Cabe, P.A.: Picture perception in nonhuman subjects. In M.A. Hagen (Ed.), The perception of pictures. Volume II. New York, Academic Press, 1980, 305-343.

Carlson, J.G. & Wielkiewicz, R.M.: Delay of reinforcement in instrumental discrimination learning of rats. J. comp. physiol. Psychol., 1972, 81, 365-370.

Carlson, J.G. & Wielkiewicz, R.M.: Mediators of the effects of magnitude of reinforcement. Learn. Motiv., 1976, 7, 184-196.

Carter, D.E. & Eckerman, D.A.: Reply to Zentall and Hogan. Science, 1976, 191, 409.

Carter, D.E. & Werner, T.J.: Complex learning and information processing by pigeons: a critical analysis. J. exp. Anal. Behav., 1978, 29, 565-601.

Cerella, J.: Visual classes and natural categories in the pigeon. *J. exp. Psychol.: Hum. Percept. Perf.*, 1979, 5, 68-77.

Cerella, J.: Mechanisms of concept formation in the pigeon. In D.J. Ingle, M.A. Goodale & R.J.W. Mansfield (Eds.), *The analysis of visual behavior*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1982, 241-260.

Clauß, G. & Ebner, H.: *Grundlagen der Statistik*. Thun und Frankfurt am Main, Verlag Harri Deutsch, 1977.

Cohen, D.H. & Karten, H.J.: The structural organization of avian brain: an overview. In I.J. Goodman & M.W. Schein (Eds.), *Birds' brain and behavior*. New York, Academic Press, 1974, 29-73.

Cohen, L.B. & Strauss, M. S.: Concept acquisition in the human infant. *Child Devl.*, 1979, 50, 419-424.

Corballis, M.C. & Beale, I.L.: Bilateral symmetry and behavior. *Psychol. Rev.*, 1970, 77, 451-464.

Corballis, M.C. & Beale, I.L.: *The psychology of left and right*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1976.

Cumming, W.W.: A bird's eye glimpse of men and machines. In R. Ulrich, T. Stachnik & J. Mabry (Eds.), *Control of human behavior*. Glenview, Ill., Foresman, 1966, 246-256.

Cumming, W.W. & Berryman, R.: Some data on matching behavior in the pigeon. *J. exp. Anal. Behav.*, 1961, 4, 281-284.

Cumming, W.W. & Berryman, R.: The complex discriminated operant: studies of matching-to-sample and related problems. In D.I. Mostofsky (Ed.), *Stimulus generalization*. Stanford, Stanford University Press, 1965, 284-330.

Cumming, W.W., Berryman, R. & Cohen, L.R.: Acquisition and transfer of zero-delay matching. Psychol. Rep., 1965, 17, 435-445.

Dahm, T.A.: Diskrimination multipler Reize nach Identität und Menge bei Tauben. Diplomarbeit, Ruhr-Universität Bochum, 1987.

D'Amato, M.R., Salmon, D.P. & Colombo, M.: Extent and limits of the matching concept in monkeys (*Cebus apella*). J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes, 1985, 11, 35-51.

D'Amato, M.R., Salmon, D.P., Loukas, E. & Tomie, A.: Processing of identity and conditional relations in monkeys (*Cebus apella*) and pigeons (*Columba livia*). Anim. Learn. Behav., 1986, 14, 365-373.

Darwin, C.R.: The descent of man. London, Murray, 1871.

Davenport, R.K. & Menzel, E.W.: Oddity preference in the chimpanzee. Psychol. Rep., 1960, 7, 523-526.

Davenport, R.K. & Rogers, C.M.: Intermodal equivalence of stimuli in apes. Science, 1970, 168, 279-280.

Davenport, R.K. & Rogers, C.M.: Perception of photographs by apes. Behaviour, 1971, 39, 318-320.

Delius, J.D.: Categorical discrimination of objects and pictures by pigeons. In Vorb.

Delius, J.D. & Habers, G.: Symmetry: Can pigeons conceptualize it? Behav. Biol., 1978, 22, 336-342.

Delius, J.D. & Nowak, B.: Visual symmetry recognition by pigeons. Psychol. Res., 1982, 44, 199-212.

Edwards, C.A., Jagielo, J.A. & Zentall, T.R.: "Same/different" symbol use by pigeons. *Anim. Learn. Behav.*, 1983, 11, 349-355.

Edwards, C.A., Jagielo, J.A., Zentall, T.R. & Hogan, D.E.: Acquired equivalence and distinctiveness in matching to sample by pigeons: mediation by reinforcer-specific expectancies. *J. exp. Psychol.*, 1982, 8, 244-259.

Edwards, C.A., Miller, J.S. & Zentall, T.R.: Control of pigeons' matching and mismatching performance by instructional cues. *Anim. Learn. Behav.*, 1985, 13, 383-391.

Encyclopaedia Britannica. Chicago, Encyclopaedia Britannica Inc., 1980.

Epstein, R., Kirshnit, C.E., Lanza, R.P. & Rubin, L.C.: "Insight" in the pigeon: antecedents and determinants of an intelligent performance. *Nature*, 1984, 308, 61-62.

Farell, B.: "Same" - "different" judgements: a review of current controversies in perceptual comparisons. *Psychol. Bull.*, 1985, 98, 419-456.

Farthing, G.W. & Opuda, M.J.: Transfer of matching-to-sample in pigeons. *J. exp. Anal. Behav.*, 1974, 21, 199-213.

Faulkender, P.J., Wright, J.C. & Waldron, A.: Generalized habituation of concept stimuli in toddlers. *Child Devl.*, 1974, 45, 1002-1010.

Fellows, B.J.: Chance stimulus sequences for discrimination tasks. *Psychol. Bull.*, 1967, 67, 87-92.

Friedman, S.: Habituation and recovery of a visual response in the alert human newborn. *J. exp. Child Psychol.*, 1972, 13, 339-349.

Fujita, K.: An analysis of stimulus control in two-color matching-to-sample behaviors of Japanese monkeys (*Macaca fuscata fuscata*). *Jap. Psychol. Res.*, 1982, 24, 124-135.

Fujita, K.: Acquisition and transfer of a higher-order conditional discrimination performance in the Japanese monkey. *Jap. Psychol. Res.*, 1983a, 25, 1-8.

Fujita, K.: Formation of the sameness-difference concept by Japanese monkeys from a small number of color stimuli. *J. exp. Anal. Behav.*, 1983b, 40, 289-300.

Garcia, J. & Koelling, R.A.: Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychon. Sci.*, 1966, 4, 123-124.

Gellerman, L.W.: Chance orders of alternating stimuli in visual discrimination experiments. *J. genet. Psychol.*, 1933, 42, 206-208.

Ginsburg, N.: Matching in pigeons. *J. comp. physiol. Psychol.*, 1957, 50, 261-263.

Gollin, E.S. & Schadler, M.: Relational learning and transfer by young children. *J. exp. Child Psychol.*, 1972, 14, 219-232.

Greene, S.L.: Feature memorization in pigeon concept formation. In M.L. Commons, R.J. Herrnstein & A.R. Wagner (Eds.), *Quantitative analyses of behavior. Discrimination processes*. Cambridge, Mass., Ballinger, 1983, 209-229.

Gullicksen, H. & Wolfle, D.L.: A theory of learning and transfer: I. *Psychometrika*, 1938, 3, 127-149.

Guthrie, E.R.: *The psychology of learning*. Gloucester, Mass., Smith, 1935 (reprinted 1960).

Hall, W.C.: Visual pathways to the telencephalon in reptiles and mammals. *Brain, Behav. Evol.*, 1972, 5, 95-113.

Harlow, H.F.: The formation of learning sets. *Psychol. Rev.*, 1949, 56, 51-65.

Herman, L.M. & Gordon, J.A.: Auditory delayed matching in the bottlenose dolphin. *J. exp. Anal. Behav.*, 1974, 21, 19-26.

Herrnstein, R.J.: Acquisition, generalization, and discrimination reversal of a natural concept. *J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes*, 1979, 5, 116-129.

Herrnstein, R.J.: Objects, categories, and discriminative stimuli. In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 233-261.

Herrnstein, R.J. & de Villiers, P.A.: Fish as a natural category for people and pigeons. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. New York, Academic Press, 1980, 59-95.

Herrnstein, R.J. & Loveland, D.H.: Complex visual concept in the pigeon. *Science*, 1964, 146, 549-551.

Herrnstein, R.J., Loveland, D.H. & Cable, C.: Natural concepts in pigeons. *J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes*, 1976, 2, 285-302.

Hodos, W.: Some perspectives on the evolution of intelligence and the brain. In D.R. Griffin (Ed.), *Animal mind - human mind*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1982, 33-56.

Hodos, W. & Campbell, C.B.G.: *Scala naturae*: why there is no theory in comparative psychology. *Psychol. Rev.*, 1969, 76, 337-350.

Hollard, V.D. & Delius, J.D.: Rotational invariance in visual pattern recognition by pigeons and humans. *Science*, 1982, 218, 804-806.

Holmes, P.W.: Transfer of matching performance in pigeons. *J. exp. Anal. Behav.*, 1979, 31, 103-114.

Honig, W.K.: Discrimination, generalization, and transfer on the basis of stimulus differences. In D.I. Mostofsky (Ed.), *Stimulus generalization*. Stanford, CA, Stanford University Press, 1965, 218-254.

Honig, W.K.: Studies of working memory in the pigeon. In S.H. Hulse, H. Fowler & W.K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978, 211-248.

Hubel, D.H.: The brain. *Scient. Am.*, 1979, 241, 39-47.

Hulse, S.H., Fowler, H. & Honig, W.K. (Eds.): *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978.

Hunter, M.W. & Kamil, A.C.: Object discrimination learning set and hypothesis behavior in the northern bluejay (*Cynaocitta cristata*). *Psychon. Sci.*, 1971, 22, 271-273.

Ingle, D. Two visual systems in the frog. *Science*, 1973, 181, 1053-1055.

Ingle, D.: Mechanisms of shape recognition among vertebrates. In R. Held, H.W. Leibowitz & H.-L. Teuber, *Perception. Handbook of sensory physiology*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1978, 259-287.

Irle, E. & Markowitsch, H.J.: Spontane Konzeptualisierung bei Affen: ein Experiment mit der "non-match-to-sample" Prozedur. In Amelang, M. (Hrsg.), Ber. 35. Kongr. Deutsch. Gesell. Psychol. Heidelberg, 1986, 229.

Jackson, W.J. & Pegram, G.V.: Comparison of intra- vs extradimensional transfer of matching by rhesus monkeys. Psychon. Sci., 1970a, 19, 162-163.

Jackson, W.J. & Pegram, G.V.: Acquisition, transfer, and retention of matching by rhesus monkeys. Psychol. Rep., 1970b, 27, 839-846.

Jenkins, H.M. & Sainsbury, R.S.: The development of stimulus control through differential reinforcement. In N.J. Mackintosh & W.K. Honig (Eds.), Fundamental issues in associative learning. Halifax, Dalhousie Press, 1969, 123-161.

Jenkins, H.M. & Sainsbury, R.S.: Discrimination learning with the distinctive feature on positive or negative trials. In D.I. Mostofsky (Ed.), Attention: contemporary theory and analysis. New York, Appleton-Century-Crofts, 1970, 239-273.

Jerison, H.J.: Evolution of the brain and intelligence. New York, Academic Press, 1973.

Jerison, H.J.: Animal intelligence as encephalization. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 1985, B 308, 21-35.

Kalat, J.W.: Evolutionary thinking in the history of the comparative psychology of learning. Neurosci. & Biobehav. Rev., 1983, 7, 309-314.

Kamil, A.C. & Hunter, M.W.: Performance on object-discrimination learning set by the greater hill myna (*Gracula religiosa*). J. comp. physiol. Psychol., 1970, 73, 68-73.

Kamil, A.C., Lougee, M. & Shulman, R.I.: Learning-set behavior in the learning-set experienced blue jay (*Cyanocitta cristata*). J. comp. physiol. Psychol., 1973, 82, 394-405.

Karten, H.J.: The organization of the avian telencephalon and some speculations on the phylogeny of the amniote telencephalon. Ann. N. Y. Acad. Sci., 1969, 167, 164-179.

Karten, H.J. & Hodos, W.: A stereotaxic atlas of the brain of the pigeon (*Columba livia*). Baltimore, John Hopkins University Press, 1967.

Kay, H. & Oldfield-Box, H.: A study of learning-sets in rats with an apparatus using 3-dimensional shapes. Anim. Behav., 1965, 13, 19-24.

Kelleher, R.T.: Concept formation in chimpanzees. Science, 1958, 128, 777-778.

Kirk, R.E.: Experimental design: procedures for the behavioral sciences. Belmont, Cal., Brooks/Cole, 1968.

Knapp, T.J.: The emergence of cognitive psychology in the latter half of the twentieth century. In T.J. Knapp & L.C. Robertson (Eds.), Approaches to cognition: contrasts and controversies. Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1986, 13-35.

Köhler, W.: Intelligenzprüfungen an Menschenaffen. Unveränderter Nachdruck der zweiten durchgesehenen Auflage der "Intelligenzprüfungen an Arthropoiden" mit einem Auszug zur Psychologie des Schimpansen. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer Verlag, 1921 (Nachdruck 1963).

Kojima, T.: Discriminative stimulus context in matching-to-sample of Japanese monkeys. Jap. Psychol. Res., 1979, 21, 189-194.

Landeau, L. & Terborgh, J.: Oddity and the "confusion effect" in predation. *Anim. Behav.*, 1986, 34, 1372-1380.

Lea, S.E.G.: In what sense do pigeons learn concepts? In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 263-276.

Lea, S.E.G. & Ryan, C.M.E.: Feature analysis of pigeons' acquisition of concept discrimination. In M.L. Commons, R.J. Herrnstein, & A.R. Wagner (Eds.), *Quantitative analyses of behavior. Discrimination processes*. Cambridge, Mass., Ballinger, 1983, 239-253.

Lindenblatt, U. & Delius, J.D.: Preventing the feature-positive effect in pigeons. *Am. J. Psychol.*, 1988, 101, 193-206.

Lockard, R.B.: Reflections on the fall of comparative psychology: is there a message for us all? *Am. Psychol.*, 1971, 26, 168-179.

Lohmann, A., Delius, J.D., Hollard, V.D. & Friesel, M.F.: Discrimination of shape reflections and shape orientations by *Columba livia*. *J. comp. Psychol.*, 1988, 102, 3-13.

Lombardi, C.M., Fachinelli, C.C. & Delius, J.D.: Oddity of visual pattern conceptualized by pigeons. *Anim. Learn. Behav.*, 1984, 12, 2-6.

Lubow, R.E.: High-order concept formation in the pigeon. *J. exp. Anal. Behav.*, 1974, 21, 475-483.

Macphail, E.M.: *Brain and intelligence in vertebrates*. Oxford, Clarendon Press, 1982.

Macphail, E.M.: Vertebrate intelligence: the null hypothesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1985, B 308, 37-51.

Macphail, E.M.: The comparative psychology of intelligence. Behav. Brain Sci., 1987, 10, 645-695.

Malott, R.W. & Malott, K.: Perception and stimulus generalization. In W.C. Stebbins (Ed.), Animal psychophysics: the design and conduct of sensory experiments. New York: Appleton-Century-Crofts, 1970, 363-400.

Malott, R.W., Malott, K., Svinicki, J.G., Kladder, F. & Ponicki, E.: An analysis of matching and non-matching behavior using a single key, free operant procedure. Psychol. Rec., 1971, 21, 545-564.

Malott, R.W. & Siddall, J.W.: Acquisition of the people concept in pigeons. Psychol. Rep., 1972, 31, 3-13.

Maurer, D. & Martello, M.: The discrimination of orientation by young infants. Vis. Res., 1980, 20, 201-204.

Meyer, D.R. & Harlow, H.F.: The development of transfer of response to patterning by monkeys. J. comp. physiol. Psychol., 1949, 42, 454-462.

Meyer, D.R., Treichler, F.R. & Meyer, P.M.: Discrete-trial training techniques and stimulus variables. In A.M. Schrier, H.F. Harlow & F. Stollnitz, Behavior of nonhuman primates. Vol. I, New York, Academic Press, 1965, 1-49.

Mishkin, M. & Delacour, J.: An analysis of short-term memory in the monkey. J. exp. Psychol., 1975, 1, 326-334.

Mishkin, M., Prockop, E.S. & Rosvold, H.E.: One-trial object-discrimination learning in monkeys with frontal lesions. J. comp. physiol. Psychol., 1962, 55, 178-181.

Moon, L.E. & Harlow, H.F.: Analysis of oddity learning by rhesus monkeys. J. comp. physiol. Psychol., 1955, 48, 188-194.

Morgan, M.J., Fitch, M.D., Holman, J.D. & Lea, S.E.G.: Pigeons learn the concept of an "A". Perception, 1976, 5, 57-66.

Nallan, G.B., Sanders, R., Dykeman, C., Hughes, M., Rauth, M., McCann, S. & Morrison-Nallan, K.: Identity relation can serve as the distinguishing feature in feature-positive and feature-negative learning research. Am. J. Psychol., 1986, 99, 71-79.

Nissen, H.W., Blum, J.S. & Blum, R.A.: Analysis of matching behavior in chimpanzee. J. comp. physiol. Psychol., 1948, 41, 62-74.

Nissen, H.W. & McCulloch, T.L.: Equated and non-equated stimulus situations in discrimination learning by chimpanzees. III. Prepotency of response to oddity through training. J. comp. physiol. Psychol., 1937, 23, 377-381.

Over, R.: Reaction time analysis of discrimination of direction of line by the pigeon. Psychon. Sci., 1969, 17, 171-172.

Passingham, R.E.: Anatomical differences between the neocortex of man and other primates. Brain, Behav. Evol., 1973, 7, 337-359.

Passingham, R.E.: Changes in the size and organization of the brain in man and his ancestors. Brain Behav. Evol., 1975, 11, 73-90.

Pastore, N.: Discrimination learning in the canary. J. comp. physiol. Psychol., 1954, 47, 389-390.

- Pearce, J.M.: An introduction to animal cognition. Hillsdale, USA, Erlbaum, 1987.
- Pearson, R. & Pearson, L.: The vertebrate brain. London, Academic Press, 1976.
- Peterson, G.B.: How expectancies guide behavior. In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), Animal cognition. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 135-148.
- Peterson, G.B., Wheeler, R.L. & Trapold, M.A.: Enhancement of pigeons' conditional discrimination performance by expectancies of reinforcement and nonreinforcement. Anim. Learn. Behav., 1980, 8, 22-30.
- Pettigrew, J.D. & Konishi, M.: Neurons selective for orientation and binocular disparity in the visual wulst of the barn owl (*Tyto alba*). Science, 1976, 193, 675-678.
- Pisacreta, R., Lefave, P., Lesneski, T. & Potter, C.: Transfer of oddity learning in the pigeon. Anim. Learn. Behav., 1985, 13, 403-414.
- Pisacreta, R., Redwood, E. & Witt, K.: Transfer of matching-to-figure samples in the pigeon. J. exp. Anal. Behav., 1984, 42, 223-237.
- Pisacreta, R. & Witt, K.: Same-different discriminations in the pigeon. Bull. psychon. Soc., 1983, 21, 411-414.
- Plotnik, R.J. & Tallarico, R.B.: Object-quality learning-set formation in the young chicken. Psychon. Sci., 1966, 5, 195-196.
- Poole, J. & Lander, D.G.: The pigeon's concept of pigeon. Psychon. Sci., 1971, 25, 157-158.

Premack, D.: On the abstractness of human concepts: why it would be difficult to talk to a pigeon. In S.H. Hulse, H. Fowler & W.K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978, 423-451.

Premack, D.: Animal cognition. *Ann. Rev. Psychol.*, 1983, 34, 351-362.

Rensch, B.: Increase of learning capability with increase of brain-size. *Am. Nat.*, 1956, 90, 81-95.

Ricciuti, H.N.: Object grouping and selective ordering behavior in infants 12 to 24 months old. *Merrill-Palmer Q.*, 1965, 11, 129 - 148.

Ringo, J.L. & Doty, R.W.: A macaque remembers pictures briefly viewed six months earlier. *Behav. Brain Res.*, 1985, 18, 289-294.

Robinson, J.S.: The sameness-difference discrimination problem in chimpanzee. *J. comp. physiol. Psychol.*, 1955, 48, 195-197.

Roitblat, H.L., Bever, T.G. & Terrace, H.S. (Eds.): *Animal cognition*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984.

Russell, I.S.: Brain size and intelligence: a comparative perspective. In D.A. Oakley & H.C. Plotkin (Eds.), *Brain, behavior, and evolution*. London, Methuen, 1979, 126-153.

Sacks, R.A., Kamil, A.C. & Mack, R.: The effects of fixed-ratio sample requirements on matching to sample in the pigeon. *Psychon. Sci.*, 1972, 26, 291-293.

Sainsbury, R.S.: Effect of proximity of elements on the feature-positive effect. *J. exp. Anal. Behav.*, 1971, 11, 315-325.

Salmon, D.J., Pear, J.J. & Kuhn, B.A.: Generalization of object naming after training with picture cards and with objects. J. appl. Behav. Anal., 1986, 19, 53-58.

Santi, A.: Hue matching and hue oddity in pigeons: is explicit training not to peck incorrect hue combinations a sufficient condition for transfer? Psychol. Rec., 1982, 32, 61-73.

Santiago, H.C. & Wright, A.A.: Pigeon memory: same/different concept learning, serial probe recognition acquisition, and probe delay effects on the serial-position function. J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes, 1984, 10, 498-512.

Schrier, A.M. & Brady, P.M.: Categorization of natural stimuli by monkeys (*Macaca mulatta*): effects of stimulus set size and modification of exemplars. J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes, 1987, 13, 136-143.

Seligman, M.E.P.: On the generality of the laws of learning. Psychol. Rev., 1970, 77, 406-418.

Shepard, R.N.: Recognition memory for words, sentences, and pictures. J. verbal Learn. verbal Behav., 1967, 6, 156-163.

Siegel, R.K. & Honig, W.K.: Pigeon concept formation: successive and simultaneous acquisition. J. exp. Anal. Behav., 1970, 13, 385-390.

Skinner, B.F.: Are theories of learning necessary? Psychol. Rev., 1950, 57, 193-216.

Skinner, B.F.: Pigeons in a pelican. Am. Psychol., 1960, 15, 28-37.

Skinner, B.F.: Behaviorism at fifty. Science, 1963, 140, 951-958.

Skinner, B.F.: Why I am not a cognitive psychologist. Behaviorism, 1977, 5, 1-10.

Slater, A., Earle, D.C., Morison, V., & Rose, D.: Pattern preferences at birth and their interaction with habituation-induced novelty preferences. J. exp. Child Psychol., 1985, 39, 37-54.

Slater, A., Morison, V. & Rose, D.: Visual memory at birth. Brit. J. Psychol., 1982, 73, 519-527.

Smith, N.W.: Brain, behavior and evolution. Psychol. Rec., 1982, 32, 483-490.

Standing, L., Conezio, J. & Haber, R.N.: Perception and memory for pictures: Single trial-learning of 2500 visual stimuli. Psychon. Sci, 1970, 19, 73-74.

Stephan, H. & Andy, O.J.: Quantitative comparative neuroanatomy of primates: an attempt at a phylogenetic interpretation. Ann. N. Y. Acad. Sci., 1969, 167, 370-387.

Stettner, L.J. & Matyniak, K.A.: The brain of birds. Scient. Am., 1968, 218, 64-76.

Strong, P.N.: Memory for object discriminations in the rhesus monkey. J. comp. physiol. Psychol., 1959, 52, 333-335.

Strong, P. N. & Hedges, M.: Comparative studies in simple oddity learning: I. Cats, racoons, monkeys, and chimpanzees. Psychon. Sci., 1966, 5, 13-14.

Swartz, K.B.: Species discrimination in infant pigtail macaques with pictorial stimuli. Devl. Psychobiol., 1983, 16, 219-231.

Terrace, H.S.: Animal cognition. In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), Animal cognition. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 7-28.

Thorndike, E.L.: Animal intelligence. New York, Macmillan, 1911.

Timberlake, W.: An ecological approach to learning. Learn. Motiv., 1984, 15, 321-333.

Tolman, E.C.: Purposive behavior in animals and men. New York, Appleton-Century-Crofts, 1932 (reprinted 1967).

Towe, A.L.: A study of figural equivalence in the pigeon. J. comp. physiol. Psychol., 1954, 47, 284-287.

Trapold, M.A.: Are expectancies based upon different positive reinforcing events discriminably different? Learn. Motiv., 1970, 1, 129-140.

Urcuioli, P.J.: Transfer from oddity-from-sample performance in pigeons. J. exp. Anal. Behav., 1977, 25, 195-202.

Urcuioli, P.J. & Nevin, J.A.: Transfer of hue matching in pigeons. J. exp. Anal. Behav., 1975, 24, 149-155.

Vaughan, W. & Greene, S.L.: Pigeon visual memory capacity. J. exp. Psychol: Anim. Behav. Processes, 1984, 10, 256-271.

Verhave, T.: The pigeon as a quality-control inspector. In R. Ulrich, T. Stachnik & J. Mabry (Eds.), Control of human behavior. Glenview, Ill., Foresman, 1966, 242-246.

von Fersen, L.H.: Kognitive Prozesse bei Tauben (Columba livia). Inaugural Dissertation, in Vorb.

Walker, S.: Animal thought. London, Routledge & Kegan Paul, 1983.

Warren, J.M.: Perceptual dominance in discrimination learning by monkeys. *J. comp. physiol. Psychol.*, 1954, 47, 290-292.

Washburn, S.L.: The evolution of man. *Scient. Am.*, 1978, 239, 146-154.

Wasserman, E.A.: Animal intelligence: understanding the minds of animals through their behavioral "ambassadors". In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 45-60.

Weinstein, B.: The evolution of intelligent behavior in rhesus monkeys. *Genet. Psychol. Monogr.*, 1945, 31, 3-48.

Wilson, B., Mackintosh, N.J. & Boakes, R.A.: Matching and oddity learning in the pigeon: transfer effects and the absence of relational learning. *Q. J. exp. Psychol.*, 1985a, 37B, 295-311.

Wilson, B., Mackintosh, N.J. & Boakes, R.A.: Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids. *Q. J. exp. Psychol.*, 1985b, 37B, 313-332.

Wright, A.A., Santiago, H.C. & Sands, S.F.: Monkey memory: same/different concept learning, serial probe acquisition, and probe delay effects. *J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes*, 1984, 10, 513-529.

Wright, A.A., Santiago, H.C., Sands, S.F. & Urcuioli, P.J.: Pigeon and monkey serial probe recognition: acquisition strategies, and serial position effects. In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 353-373.

Wright, A.A., Santiago, H.C., Urcuioli, P.J. & Sands, S.F.: Monkey and pigeon acquisition of same/different concept using pictorial stimuli. In M.L. Commons, R.J. Herrnstein & A.R. Wagner (Eds.), Quantitative analyses of behavior. Discrimination processes. Cambridge, Mass., Ballinger, 1983, 295-317.

Wright, P.L., Kay, H. & Sime, M.E.: The establishment of learning sets in rats. J. comp. physiol. Psychol., 1963, 56, 200-203.

Yeo, C.H.: The anatomy of the vertebrate nervous system: an evolutionary and developmental perspective. In D.A. Oakley & H.C. Plotkin (Eds.), Brain, behavior and evolution, London, Methuen, 1979, 28-51.

Zentall, T., Edwards, C.A. & Hogan, D.A.: Pigeons' use of identity. In M.L. Commons, R.J. Herrnstein & A.R. Wagner (Eds.), Quantitative analyses of behavior. Discrimination processes. Cambridge, Mass., Ballinger, 1983, 273-293.

Zentall, T.R. & Hogan, D.E.: Abstract concept learning in the pigeon. J. exp. Psychol., 1974, 102, 393-398.

Zentall, T.R. & Hogan, D.E.: Concept learning in the pigeon: transfer to new matching and nonmatching stimuli. Am. J. Psychol., 1975, 88, 233-244.

Zentall, T.R. & Hogan, D.E.: Pigeons can learn identity or difference, or both. Science, 1976, 191, 408-409.

Zentall, T.R. & Hogan, D.E.: Same/different concept learning in the pigeon: the effect of negative instances and prior adaptation to transfer stimuli. J. exp. Anal. Behav., 1978, 30, 177-186.

Zentall, T.R., Hogan, D.E. & Edwards, C.A.: Oddity learning in the pigeon: effect of negative instances, correction and number of incorrect alternatives. *Anim. Learn. Behav.*, 1980, 8, 621-629.

Zentall, T.R., Hogan, D.E. & Edwards, C.A.: Cognitive factors in conditional learning by pigeons. In H.L. Roitblat, T.G. Bever & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1984, 389-405.

Zentall, T.R., Hogan, D.E., Edwards, C.A. & Hearst, E.: Oddity learning in the pigeon as a function of the number of incorrect alternatives. *J. exp. Psychol.: Anim. Behav. Processes*, 1980, 6, 278-299.

Lebenslauf

10. 6.1957	Geburt in Marl (Westf.) Eltern: Maria und Karl Heuwing
1963 - 1967	Besuch der Grundschule in Polsum
1967 - 1973	Besuch der Realschule Marl-Hüls
1973 - 1976	Besuch des Freiherr-vom-Stein-Gymnasiums in Recklinghausen
21. 6.1976	Abitur
WS 1976	Beginn des Studiums der Psychologie an der Ruhr-Universität Bochum
22. 2.1980	Eheschließung mit Jürgen Friesel
1978 - 1981	Studentische Hilfskraft in der AE Motivation und Entwicklung
8.10.1981	Abschluß des Psychologiestudiums mit den Diplomprüfungen
1982 - 1986	Psychologische Betreuung von Kindern mit Lern- und Verhaltensstörungen
1. 4.1985	Beginn des Promotionsstudiums
1. 4.1985- 31. 3.1988	Wissenschaftliche Hilfskraft in der AE Biopsychologie
seit 1. 4.1988	Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der AE Biopsychologie

